S. 852

MEMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ NATIONALE

DES SCIENCES NATURELLES

ET MATHÉMATIQUES

DE CHERBOURG

PUBLIÉS SOUS LA DIRECTION DE

Mr. AUGUSTE LE JOLIS,

DIRECTEUR ET ARCHIVISTE-PERPÉTUEL DE LA SOCIÉTÉ.

TOME XXI.

(TROISIÈME SÉRIE. — TOME I).

PARIS

J. B. BAILLIÈRE ET FILS, LIBRAIRES, RUE HAUTEFEUILLE, 19.

CHERBOURG

CH. SYFFERT, IMP., RUE THIERS, 7.

1877-1878.

NATURAL HISTORY

MÉMOIRES

DE LA SOCIÉTÉ NATIONALE

DES SCIENCES NATURELLES

DE CHERBOURG

S. 852.

La Société nationale des Sciences naturelles de Cherbourg a été reconnue comme Établissement d'utilité publique par Décret en date du 26 Août 1865.

MEMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ NATIONALE

DES SCIENCES NATURELLES

DE CHERBOURG

PUBLIÉS SOUS LA DIRECTION DE

Mr. AUGUSTE LE JOLIS,

DIRECTEUR ET ARCHIVISTE-PERPÉTUEL DE LA SOCIÉTÉ.

TOME XXI.

(TROISIÈME SÉRIE. — TOME I).

PARIS

J. B. BAILLIÈRE ET FILS, LIBRAIRES, RUE HAUTEFEUILLE, 19.

CHERBOURG

BEDELFONTAINE ET SYFFERT, IMP., RUE NAPOLÉON, 1.

1877.

NATURAL HISTORY

NOTIONS NOUVELLES D'HYDRAULIQUE

CONCERNANT PRINCIPALEMENT

LES TUYAUX DE CONDUITE, LES CANAUX ET LES RIVIÈRES,

ACCOMPAGNÉES D'UNE THÉORIE DE L'ÉVALUATION

DU TRAVAIL INTERMOLÉCULAIRE DES SYSTÈMES MATÉRIELS

PAR

Mr. P. BOILEAU

Correspondant de l'Institut de France,
Membre correspondant de la Société.

CHAPITRE PREMIER.

CARACTÈRES GÉNÉRAUX DES COURANTS LIQUIDES.

Section I.

1. — L'observation nous conduit à regarder les courants fluides comme composés de molécules entre lesquelles il existe des intervalles du même ordre de grandeur que ces éléments matériels, et qui sont tenues dans une dépendance mutuelle par des forces intérieures ; ces forces rendent nécessaire l'intervention d'actions extérieures pour déplacer les molécules les unes par rapport aux autres, mais elles permettent des mouvements relatifs dans tous les sens.

Les courants liquides, par suite de leur utilité considérable, multiple et universelle, ont été l'objet d'observations et d'expériences nombreuses, mais, parmi les résultats obtenus, ceux sur lesquels on peut s'appuyer avec sécurité ne suffisent pas encore pour l'établissement d'une science complète. Après Léonard de Vinci qui avait aperçu l'importance de l'étude des phénomènes naturels (*), les notions d'hydraulique physique ont été négligées durant près de trois siècles ; augmentées en 1786 par le colonel Du Buat (**), en 1797 par le physicien Venturi (***), et en 1824 par M. Bidone (****), elles n'ont pris le caractère d'une précision vraiment scientifique, qu'à l'époque où le savant et illustre Poncelet (*****), alors capitaine du génie, a donné l'exemple, bientôt suivi par Savart (******), d'une investigation exacte et méthodique, capable de fournir des bases sûres pour le progrès de l'hydraulique. D'autres recherches expérimentales plus spécialement applicables aux canaux, aux rivières et aux tuyaux de conduite, ont été faites postérieurement, et, de cet ensemble, nous avons déduit de nouvelles notions sur les propriétés des courants liquides.

(*) Voir l'ouvrage intitulé : *Raccolta d'autori italiani che trattano del moto delle acque..* ; 4e édition imprimée à Bologne.

(**) *Principes d'Hydraulique.*

(***) *Recherches expérimentales sur le principe de la communication latérale du mouvement dans les fluides.*

(****) *Mémoires de l'Académie de Turin.*

(*****) *Expériences hydrauliques sur les lois de l'écoulement de l'eau à travers les orifices rectangulaires*, effectuées en 1827 et 1828 avec le concours du capitaine Lesbros.

(******) *Annales de Chimie et de Physique*, tomes LIII, LIV et LV. Les belles expériences de Savart sur la constitution et le choc des veines liquides se rattachaient à ses recherches d'acoustique.

2. — *Continuité.* — On sait que les parois des courants exercent sur la couche fluide en contact avec elles une action de résistance, et que le ralentissement qui en résulte se propage, en s'affaiblissant, jusqu'à un filet intérieur, animé de la plus grande des vitesses de translation ; or, si, dans un canal où la section liquide transversale est constante, on observe exactement les vitesses, soit d'une rive à l'autre en divers points équidistants du fond, soit, quand la section est rectangulaire, sur une verticale au milieu de sa largeur, on peut, dans l'un ou l'autre cas, en prenant pour coordonnées les distances variables et les vitesses, construire une courbe parfaitement continue ; en outre, si, sur cette courbe, on mesure, en des points différents des premiers, les vitesses, l'observation fait retrouver celles-ci dans le canal aux points correspondants. Nous en concluons que, dans les courants exempts d'influences perturbatrices, la variation des vitesses de translation en fonction de la distance à une paroi se produit d'une manière continue.

3. — *Généralité et conséquences de la communication latérale du mouvement.*— Venturi a fait connaître divers faits qui prouvent qu'au contact d'un courant, les molécules d'un milieu fluide sont entraînées, et que cette communication latérale du mouvement se propage jusqu'à une certaine distance de la surface de contact ; ainsi que le capitaine Lechevalier l'a observé en 1827 (*), les dernières molécules ébranlées partent dans une direction à peu près perpendiculaire à celle du courant excitateur, et elles atteignent celui-ci sous un angle aigu ; entre ces deux extrémités de leur trajet, elles décrivent,

(*) *Premier Mémoire renfermant quelques expériences...* etc. (Metz 1828).

avec une vitesse croissante, des courbes dont la tangente, en chaque point, indique la direction des forces intérieures mises en jeu dans le milieu fluide.

Considérons maintenant ce qui a lieu intérieurement à un courant liquide ordinaire glissant sur des parois solides : divers observateurs ont constaté dans les canaux la tendance des corps flottants à dévier vers le filet animé de la plus grande vitesse, mais il n'était pas prouvé que cette dérivation leur fût commune avec les molécules liquides ; pour m'en assurer, j'ai employé des pains à cacheter d'un petit diamètre et très-minces dont la substance se délayait en partie dans l'eau, de sorte qu'il en résultait une adhérence, par suite de laquelle ces flotteurs ne pouvaient avoir d'autres mouvements que ceux du liquide ; or, même dans des courants à parois rectilignes et parallèles, ils déviaient ; la communication latérale du mouvement est donc une conséquence générale des vitesses relatives. A mesure qu'une molécule s'éloigne d'une paroi, elle est aussitôt remplacée par une autre venant d'amont, et c'est ainsi que les déviations transversales peuvent ne pas occasionner de variation dans la section liquide.

En général :

Quand deux molécules fluides immédiatement voisines dans le sens normal à leur translation, ont des vitesses inégales, celle qui se meut le plus lentement tend à dévier vers l'autre.

C'est aux forces intérieures indiquées par cette loi naturelle que l'on doit attribuer le pouvoir de tenir en suspension de petits corps solides d'une densité un peu supérieure à celle des courants.

4. — *Caractère général des changements de direction dans les courants fluides.* Tandis que les changements de

direction des corps solides peuvent être brusques, ceux des fluides en mouvement ont lieu, dans tous les cas, suivant des trajectoires courbes tangentes, d'une part, à la direction primitive, et, d'autre part, à la direction finale. Lorsque le changement est occasionné par des parois anguleuses, le courant se trouve limité, du côté de ces parois, par des surfaces fluides courbes qui laissent, entre elles et les surfaces solides, des masses fluides stagnantes, mais agitées par des tourbillonnements ou des remous, comme je l'ai observé dans des circonstances diverses. En général :

Quels que soient les variations transversales ou les coudes des parois d'un courant, et les obstacles qu'il rencontre, la section de ce courant varie d'une manière continue.

5. — *Mouvements intestins.* — Lorsqu'on regarde un courant liquide se mouvant avec calme et sans obstacle entre des parois unies, il semble que les seuls mouvements de ses molécules soient ceux de leurs translation longitudinale ; cependant elles en ont d'autres, de diverses natures, que j'ai nommés mouvements intestins, et ce fait a lieu, *a fortiori*, dans les courants à lit irrégulier, ou dans ceux qui subissent des influences perturbatrices, telles que celles des piles des ponts ou des anfractuosités notables des rives. Nous nous occuperons maintenant de ces mouvements intérieurs.

Section II.

Notions sur les Mouvements intestins.

Je considérerai les mouvements intérieurs qui peuvent avoir lieu dans les courants liquides sans être

provoqués par des circonstances accidentelles, et je les diviserai en trois classes, savoir : 1° *Les tourbillons*, 2° *les courants induits*, 3° *les déplacements transversaux*.

Mouvements Tourbillionnaires.

6. — *Tourbillons occasionnés par les aspérités des parois.* A l'arrière des corps solides immobiles dans un courant, et particulièrement de ceux que l'on fixe en saillie sur les parois, on peut observer des tourbillons, quand le mouvement du fluide n'est pas très-lent. Les conditions qui sont alors réalisées sont : 1° l'existence d'un espace où le fluide est rendu relativement stagnant par l'obstacle, espace où a toujours lieu une diminution de pression ; 2° l'action tangentielle de la couche fluide voisine ; 3° une vitesse relative suffisante de cette couche.

Or, quelque petites que nous paraissent les dimentions des aspérités des parois et de leurs intervalles, ces dimensions sont très-considérables par rapport à celles des molécules liquides que les plus forts grossissements du microscope n'ont pu faire apercevoir, et nous ne pouvons douter qu'à l'arrière de ces aspérités il ne s'accomplisse des phénomènes analogues à ceux qui viennent d'être indiqués, lors même qu'elles sont trop peu saillantes pour que nos yeux puissent distinguer ces phénomènes.

7. — D'après mes observations, rapportées dans le *Traité de la mesure des eaux courantes*, lorsque le lit d'un cours d'eau est érosible et à sections inégales, les petits tourbillons dont il s'agit sont des agents de deux lois naturelles dont l'une assure une certaine relation entre la forme des dépôts et le régime des vitesses de

translation (*), tandis que l'autre tend à rapprocher ce régime de l'uniformité. L'expérience suivante met cette propriété en évidence : dans le dépôt de fond d'une rigole en sable fin parcourue par un courant bien réglé de quelques centimètres de profondeur, j'ai pratiqué un sillon de chaque côté duquel le sable était amoncelé ; aussitôt il s'est formé, en divers sens, une multitude de petits tourbillons qui désagrégeaient ces amoncellements, et que les rayons solaires, pénétrant jusqu'au fond du courant, m'ont fait apercevoir ; les grains de sable, livrés isolément à ce courant, se déposaient ensuite dans l'ordre primitif, et, en peu de temps, il ne restait plus aucune trace de l'ouvrage artificiel.

8. — Lorsque la vitesse relative de deux couches fluides en contact est inférieure à une certaine limite, il se produit, au lieu d'un tourbillonnement, une simple communication latérale de mouvement (3) : en conséquence, les différences de vitesse qui ont lieu, dans un même courant, d'une couche fluide à celle qui lui est immédiatement voisine, ne peuvent occasionner des tourbillons.

(*) L'existence d'une relation déterminée entre la forme et la disposition des dépôts et le régime d'un courant liquide, que j'ai déduite de mes observations et de celles de plusieurs ingénieurs (voir le traité précité), n'est pas sans intérêt pour les géologues qui regardent la plupart des collines terreuses comme formées au sein des eaux ; il est probable, en effet, que ces amas sont de véritables dépôts qui restent comme des monuments de la grandeur et des mouvements des masses d'eau primitives.

Parmi les collines appartenant à un même système, les plus élevées présentent souvent, à leur sommet, la pente du talus naturel des terres, et, plus bas, celle qu'un séjour prolongé dans l'eau fait acquérir ; on peut en conclure la hauteur à laquelle s'élevait le puissant cours d'eau qui a jadis rempli une vallée.

9.— Les tourbillons dont les dimensions sont suffisantes pour que l'observation en soit possible, ont, depuis longtemps, été étudiés ; cependant l'on ne possède pas à leur égard une série de résultats d'expérience présentant l'exactitude, l'enchaînement et l'étendue suffisantes pour qu'il soit possible d'en déduire avec certitude les lois générales du mouvement tourbillonnaire ; nous devons donc nous borner ici à des notions isolées. Après avoir présenté celles qui résultent de mes propres investigations (6, 7, 8), j'exposerai d'autres propriétés dont la connaissance est dûe à divers auteurs, en les accompagnant des observations que ces notions et les opinions émises m'ont suggérées. L'illustre Poncelet, dans l'ouvrage qu'il a publié en 1839 sous le titre d'*Introduction à la Mécanique industrielle, physique ou expérimentale,* dit, d'après ses propres observations, que les tourbillons... « une fois produits, se propagent, s'étendent de plus en plus » ; puis il ajoute que « nos fleuves les transportent jusque dans la mer ». Ces passages de l'ouvrage précité renferment implicitement l'expression de deux propriétés des tourbillons, savoir, leur *propagation* et leur *persistance* ; la seconde existe d'ailleurs plutôt pour les tourbillons dont l'axe est vertical ou à peu près, que pour les autres ; lorsque cet axe est horizontal, les tourbillons sont souvent éphémères quand aucune action extérieure n'entretient leur mouvement gyratoire, ce qui provient peut-être de l'inégalité des vitesses des arcs verticaux diamétralement opposés, vitesses dont l'une est accélérée et l'autre ralentie par la gravité. Dans la plupart des cas, les corps flottants mus par un tourbillon liquide vertical suivent une trajectoire à double courbure que l'on a comparée à une hélice tracée sur un cône renversé ; ainsi, les molécules liquides descendent, animées d'un mouvement de

rotation, en se rapprochant de l'axe : la surface enveloppe de ces tourbillons paraît avoir pour génératrice une courbe tournant sa concavité vers l'extérieur. Le mouvement qui a lieu de la circonférence vers l'axe indique que la pression interne est diminuée dans la région centrale. La vitesse angulaire augmente de la circonférence au centre : suivant certains auteurs, elle serait en raison inverse du carré de la distance à l'axe, mais on n'a pas remarqué que, très-près de l'axe, elle deviendrait extrêmement grande (*) : les observations ont, d'ailleurs, été faites au moyen de flotteurs, qui passaient d'une couche liquide à l'autre avant d'avoir eu le temps de prendre toute la vitesse de la première. Je remarquerai en outre que la loi des vitesses angulaires doit dépendre des conditions dans lesquelles les tourbillons existent : ainsi, l'on ne saurait admettre que cette loi soit la même lorsque le mouvement de rotation est constamment entretenu par l'action extérieure d'un courant, que quand le tourbillon se déplace dans un milieu dont le frottement exerce une action retardatrice sur sa couche enveloppe.

10. — *Cyclônes.* — Les tourbillons de l'atmosphère intéressent particulièrement la météorologie, ceux qui ont été le mieux observés sont les cyclônes. Il y a environ quarante ans, les investigations de M. Lartigues, de la marine française, et celles de MM. Paddington, aux Indes anglaises, Reid et Reidfield, aux Etats-Unis, ont fait reconnaître le mouvement rotatoire de vas-

(*) Soit α la vitesse angulaire à la distance x de l'axe ; ce qui me paraît le plus probable est que le rapport négatif $\frac{d\alpha}{dx}$ diminue avec x et devient nul pour une certaine valeur de cette variable.

tes masses fluides qui se déplacent et apportent d'une latitude à une autre des tempêtes ou des vents persistants, masses dans lesquelles d'autres observateurs ont reconnu, en outre, un mouvement dans le sens de la circonférence au centre. Ces cyclônes se forment vers l'Équateur, au Nord et au Sud de la zône des calmes. dans la région où elle est atteinte par les vents alizés; leur rotation s'accomplit, pour un observateur qui serait placé au-dessus d'eux, de droite à gauche dans l'hémisphère boréal, et de gauche à droite dans l'autre : ils suivent, dans les deux hémisphères, des trajectoires courbes dont le sommet se trouve aux environs de la limite Nord de l'alizé Nord-Est, et de la limite Sud de l'alizé Sud-Est ; avant ces limites ils marchent dans le sens de leur mouvement de rotation, et en sens inverse après. Leur voyage s'étend souvent jusqu'à plus de 600 lieues ; ils l'exécutent avec une vitesse qui peut atteindre jusqu'à dix mètres par seconde : à l'origine, leur diamètre est d'un à trois degrés et il augmente continuellement, de sorte que, dans les zônes tempérées, chaque cyclône peut embrasser un espace plus grand que la superficie de la France. A des distances considérables, ces phénomènes occasionnent dans la colonne barométrique une baisse qui augmente à mesure qu'ils s'en approchent. Au centre d'un cyclône se trouve une région circulaire dans laquelle règne une sorte de calme.

11. — Les tourbillons ont toujours, ne fût-ce qu'en conséquence de leur mouvement gyratoire, des vitesses plus grandes que celles des molécules voisines du milieu ambiant, surtout sur certains arcs de leur surface enveloppe, de sorte que, d'après ce qui a été dit au n° 3, ils font graviter vers eux le fluide de ce milieu, jusqu'à des distances qui, d'ailleurs, peuvent être très-

grandes lorsque le diamètre du tourbillon et la vitesse relative de sa circonférence sont considérables ; suivant la loi des communications latérales, ce mouvement est accéléré, et les trajectoires en sont courbes : il ne peut d'ailleurs être le même, lorsque le tourbillon se trouve dans un courant, pour le secteur du milieu ambiant qui correspond à l'arc postérieur de ce tourbillon, que pour celui qui part de la partie antérieure, ni avoir les mêmes vitesses dans la région latérale correspondante à l'arc dont la rotation est en sens contraire de la vitesse du courant, que dans la région diamétralement opposée.

Les dépressions barométriques précitées, produites par les cyclones, ne peuvent être attribuées qu'aux quantités de mouvement qu'ils communiquent autour d'eux. L'affluence des molécules circonvoisines explique aussi l'accroissement continu de diamètre observé dans les grands tourbillons atmosphériques. Enfin, l'observateur placé au sein de la tourmente est exposé à confondre avec les mouvements propres d'un cyclone ceux du fluide ambiant, ce qui peut expliquer la différence des témoignages recueillis au sujet de ces phénomènes.

Je terminerai en faisant remarquer que les pressions qui ont lieu au sein des tourbillons, et les mouvements des corps exposés à leur action, ne peuvent être les mêmes dans le cas où ces phénomènes sont entièrement intérieurs, comme les cyclones de l'atmosphère, à la masse fluide où ils se forment, que dans celui où les tourbillons ont leur plus grande base à la surface d'un liquide, cas qui est celui sur lequel ont été faites la plupart des observations. Cette remarque, comme la précédente, peut expliquer des divergences d'opinions.

Courants induits.

12. — Si, considérant le phénomène de la communication latérale du mouvement, on remarque que les vitesses des molécules d'un milieu entraînées par un courant excitateur (3), ont toutes des composantes parallèles à la direction de celui-ci, l'on peut regarder ces composantes comme constituant un second courant que je nommerai *courant induit*. Le sens de celui-ci est quelquefois inverse à celui du courant excitateur, sans que cette circonstance soit due à un obstacle transversal ; ce phénomène que j'ai observé dans des rivières à l'aval d'un pont à arches étroites, et qui se produit aussi dans les inondations, n'avait pas encore été expliqué quand j'ai remarqué qu'il se formait entre les deux courants inverses une zône de tourbillonnements. Ainsi, dans un bief de longueur illimitée, un courant induit est de sens inverse à celui du courant excitateur quand la vitesse de celui-ci est suffisante pour engendrer des tourbillons.

Dans les mers, aux courants superficiels doivent correspondre des courants induits, soit latéraux soit sous-jacents, dont le sens dépend de la grandeur du mouvement relatif. Dans l'atmosphère, la vitesse des courants excitateurs est souvent suffisante pour engendrer des tourbillons, et par conséquent des contre-courants.

Nous comprenons parmi les courants induits, les remous qui ont lieu dans les coudes des rivières ou des tuyaux de conduite, quand ces coudes, quoique curvilignes, laissent un espace relativement stagnant entre leur surface convexe et le courant, qui suit la surface concave ; le courant induit formé dans l'espace stagnant présente un circuit continu dont le mouvement est de même sens que le courant excitateur dans l'arc en contact avec

celui-ci, et de sens inverse dans celui qui suit l'autre paroi; aux extrémités du coude, ces deux branches sont raccordées entre elles; en aval, des molécules sont entraînées par le courant excitateur, mais elles sont remplacées par d'autres entrant dans le courant induit en amont, de sorte que la masse de celui-ci reste constante, jusqu'à ce que le régime du courant excitateur soit modifié par des variations notables des pentes et du volume débité.

13. — Dans les intervalles existant entre les aspérités des parois des courants, il doit se produire des remous analogues, lorsque la vitesse du fluide n'est pas suffisante pour engendrer des tourbillons; c'est la seconde classe des mouvements intestins des courants fluides cheminant librement entre des parois.

14. — *Courants induits occasionnés par un barrage.* — Lorsqu'un barrage établi en travers d'un cours d'eau laisse écouler le liquide par une vanne de fond située à une profondeur peu considérable, la partie supérieure de la masse d'amont présente des phénomènes de courants induits que j'ai observés en 1846: les flotteurs que l'on place à une faible distance du milieu du barrage gravitent, en suivant un chemin courbe, vers l'une ou l'autre des parois du canal, puis ils se meuvent parallèlement à celle-ci; arrivés à l'extrémité du remous, ils changent de direction par un mouvement curviligne qui les rapproche du milieu du canal, et, malgré la contre-pente longitudinale de la surface liquide, ils se rendent près du barrage où leur mouvement se continue; ainsi, le remous superficiel présente deux courants circulatoires symétriques entre eux par rapport à l'axe du canal. La région dans laquelle s'effectuent ces mouvements s'étend jusqu'à une distance du barrage qui augmente, pour une même levée de vanne, avec

la charge d'eau sur le sommet de l'orifice, mais qui diminue quand, sous une même charge, on augmente la levée de vanne, quoique, dans ce dernier cas, la vitesse de la masse liquide soit augmentée dans le canal. Cette région peu étendue est terminée en amont par un court talus dont le tracé horizontal est courbe, et, suivie d'une série d'ondulations ou de rides superficielles de plus en plus fines qui se perdent dans la portion d'amont du canal (*).

15. — J'ajouterai que, de chacun des angles supérieurs de l'orifice rectangulaire d'écoulement, part une longue colonne hélicoïde qui s'infléchit en s'évasant pour venir aboutir à la surface d'amont, vers la moitié de la longueur du remous, et que l'on peut assimiler à un tourbillon à axe courbe.

16. — *Déplacements transversaux.* — Il résulte des observations et des considérations exposées au n° 3, que chaque molécule d'un courant décrit, lors même que les génératrices des parois sont rectilignes, une courbe qui la rapproche lentement de la région intérieure où ont lieu les plus grandes des vitesses de translation; ces vitesses sont donc des composantes, et il en existe d'autres, beaucoup plus faibles, normalement à leur direction : ce sont les mouvements normaux à la translation, que je nomme *déplacements transversaux*; ils consomment, en pure perte pour le but et les effets utiles des courants, une certaine portion du travail moteur dépensé, portion qui n'est pas négligeable.

17. — *En résumé*, dans les fluides, la différence des

(*) Les rides constituent un mode général de raccordement de la surface des remous avec celle des courants où ces remous sont engendrés, soit par un barrage, soit par tout autre obstacle solide.

vitesses de deux couches voisines, ou d'une couche fluide et d'une surface solide en contact avec elle, donne toujours lieu à des mouvements intestins, et ceux-ci, quelque compliqués qu'ils paraissent, peuvent être classés en trois catégories : ceux que j'ai nommés déplacements transversaux se produisent dans tous les cas ; les courants induits ne sont engendrés que quand la différence des vitesses n'est pas très-petite ; enfin la formation des tourbillons exige une vitesse relative plus grande encore.

Les longs remous superficiels produits par des barrages ne sont pas de nature à être compris dans cette nomenclature ; j'observerai seulement qu'ils peuvent être, eux-mêmes, agités par des mouvements intestins.

Nous nous occuperons maintenant d'une nouvelle propriété des courants.

Section III.

Périodicité des courants fluides (*).

On regarde généralement comme uniformes les mouvements de translation des molécules des courants fluides dont l'alimentation, la section transversale et la pente sont constantes : je démontrerai d'abord que cette uniformité n'est qu'une hypothèse sans probabilité.

Pour que le mouvement d'une molécule fût exactement uniforme, il faudrait que les forces intérieures et extérieures se fissent continuellement équilibre autour d'elle :

(*) Le principe général de la périodicité des vitesses des courants fluides, et les considérations qui m'y ont conduit, ont été exposés dans un Mémoire que j'ai présenté à l'Académie des sciences en 1868. Voir les *Comptes-rendus* ou le *Journal de Mathématiques pures et appliquées, tome XIV.*

or, dans les cas dont il s'agit, les actions extérieures soit motrices, soit résistantes, sont constantes ; d'un autre côté, les forces intérieures des fluides étant fonction des distances intermoléculaires qui varient continuellement par suite de l'inégalité des vitesses, ces formes sont elles-mêmes variables ; il faudrait donc, pour que l'équilibre permanent pût avoir lieu, que l'augmentation de certaines distances fit exactement compensation à la diminution des autres, de sorte que la résultante des forces intérieures exercées sur chaque molécule ou chaque groupe à égales vitesses fût constante ; cette hypothèse ne serait pas, d'ailleurs, suffisante, et, si l'on considère particulièrement la translation suivant la direction générale du courant, on voit qu'il faudrait encore admettre une égalité continuelle entre les valeurs des composantes parallèles à la même direction, de l'action extérieure et de la résultante intérieure précitée. Dans le sens normal au courant, une condition analogue serait nécessaire ; en outre, une nouvelle difficulté se présente, car δ représentant une distance intermoléculaire, et α l'angle que la force intérieure correspondante, $f(\delta)$, fait avec la direction du mouvement de translation, la composante normale de l'action mutuelle a pour valeur le produit

$$f(\delta) \sin \alpha,$$

et les deux facteurs de cette quantité augmentent ou diminuent simultanément.

Examinons maintenant le témoignage des faits. Les mouvements de translation observés à l'aide des flotteurs ou des instruments hydrométriques, tels que les moulinets, peuvent paraître uniformes, parce que les valeurs obtenues des vitesses résultent de chemins parcourus par

les molécules fluides dans des temps plus ou moins longs, de sorte que ce sont de véritables moyennes ; mais des résultats d'observation d'un autre ordre montrent que cette uniformité n'existe pas : telles sont les oscillations continuelles des colonnes liquides du tube de Pitot, oscillations qui ont lieu, en quelque point d'une section transversale que l'entrée de ce tube soit située, dans les courants les mieux réglés où toutes les conditions extérieures d'un régime uniforme sont remplies, et même dans les veines jaillissant d'orifices alimentés par de grands réservoirs à niveau constant. Si ces oscillations, et la variation continuelle de la hauteur des jets d'eau sous des charges constantes, n'avaient pas suggéré la notion d'une propriété générale des courants, c'est probablement parce qu'on les avait attribuées à des contractions ou à des dégagements d'air ayant lieu à l'entrée des tubes, et des ajutages des jets d'eau ; mais il faut remarquer que des oscillations continuelles se produisent également dans les colonnes liquides des piézomètres insérés dans les parois des tuyaux ou des canaux, quoique le courant passe tangentiellement le long de la base de ces colonnes. Les tiges minces et élastiques des plantes fluviales oscillent constamment. Enfin je terminerai cette indication des résultats de mes observations, en rappelant celles que j'ai faites en 1844 sur l'écoulement par une grande digue épaisse en maçonnerie par dessus laquelle passait un bras tout entier de la Moselle, à une époque où le niveau de la rivière ne variait pas sensiblement : je me plaçais à une distance suffisante pour éviter la confusion des sensations acoustiques produites par l'agitation du liquide au bas de la chûte, et j'observais pendant la nuit, quand tout bruit étranger avait cessé, dans une atmosphère calme. Or, j'ai toujours

remarqué dans le son émis des accroissements et des affaiblissements périodiques d'intensité. Quant aux courants gazeux, on sait que le vent fait toujours osciller les branches les plus flexibles des arbres, et onduler les champs de céréales : pour faire une expérience régulière, on insérera la branche inférieure d'un tube capillaire recourbé contenant, comme curseur, un petite colonne d'eau, dans l'épaisseur de la paroi d'un tuyau par où s'échappe le gaz d'un réservoir ; le curseur oscillera, quelles que soient les dispositions adoptées dans le but de maintenir constante la pression du réservoir, et d'annuler la contraction à l'entrée dans le tuyau.

En résumé, nous pouvons poser le principe général suivant :

Dans une masse fluide en mouvement, les vitesses de translation sont périodiques quand elles ne sont pas égales entre elles :

19. — Cette propriété fait comprendre des résultats qui n'avaient pas encore été expliqués : ainsi, les ingénieurs ont, depuis longtemps, remarqué la division du lit de certains cours d'eau en longs biefs séparés par des hauts-fonds relativement courts, et ont constaté que, si de grandes crues détruisent passagèrement cette disposition, elle se rétablit après leur écoulement. Les particules terreuses et le sable en suspension se déposent dans les parties du courant dont la vitesse de transport correspond à un minimum d'une période de ralentissement. Les accroissements brusques de profondeur qui ont lieu en amont et en aval des hauts-fonds ne peuvent d'ailleurs troubler notablement la loi de périodicité particulière à chaque cours d'eau, parce que le courant glisse sur une masse liquide inférieure, que ces barrages rendent stagnante.

20. — *Notion des moyens mouvements.* — On voit que l'expression de régime uniforme, généralement employée, devrait être remplacée par celle de *régime uniformément périodique* ; dans les conditions de ce régime, qui est celui des canaux et des tuyaux de conduite bien établis, les instruments hydrométriques indiquent que, dans le sens de la longueur des courants, les chemins parcourus par une même molécule dans des temps égaux d'une durée plus ou moins grande sont sensiblement égaux entre eux ; en réalité, l'égalité existe entre les chemins parcourus dans chaque période longitudinale. Nous nommerons *moyen mouvement* et *moyenne vitesse de translation*, ceux qui se déduiraient de la longueur de ces derniers chemins et du temps total employé pour les parcourir ; si l'on conserve l'expression de régime uniforme, c'est à ces moyens mouvements qu'il faut l'appliquer,

Section IV.

Propriétés qui résultent du mouvement des couches fluides en contact avec les surfaces solides.

21. — *Définitions.* — Les mouvements intestins excités dans les couches fluides en contact avec des surfaces solides et rencontrant leurs aspérités, sont dus à des vitesses relatives, non pas d'une extrême petitesse comme celles de deux couches fluides voisines, mais d'une certaine grandeur qui, le long d'une paroi fixe, est la vitesse absolue de translation des molécules ; ils sont compris dans une zône dont l'épaisseur dépend de cette vitesse et de la rugosité des surfaces solides, zône dont j'avais signalé en 1854 l'existence dans le *Traité de la mesure des eaux courantes*, que j'ai étudiée postérieurement, et que j'ai

nommée *zône troublée*, en désignant par la dénomination de *région principale* la partie des courants qui est intérieure à cette zône.

22. — *Phénomène du fractionnement de la zône troublée.* — En examinant des jets d'eau sortant, avec des vitesses d'environ six mètres par seconde, d'un long tuyau à faible diamètre terminé par un ajutage cylindrique en bois à paroi très-rugueuse, j'ai remarqué que la zône enveloppe de ces jets était entièrement composée de gouttelettes, ce qui ne peut être attribué qu'à un fractionnement intérieur produit, lorsque la vitesse est suffisamment grande, par les aspérités de la paroi, fractionnement qui rend le liquide libre d'obéir à sa tendance au groupement sphéroïdal.

23. — *Expériences conduisant à la notion des pertes de pression dues aux mouvements intestins, et à l'explication de la tendance des nappes liquides à s'appliquer aux surfaces solides.* — On sait que les liquides dont la vitesse n'est pas très-faible s'appliquent sur les surfaces solides planes ou courbes, qu'ils rencontrent : cette propriété, dont le caractère de généralité a été mis hors de doute par les observations de F. Savart, n'avait pas été expliquée d'une manière satisfaisante : les expériences suivantes (*), prouvent qu'elle est une conséquence du mouvement relatif, et conduisent à une autre notion importante.

Dans une paroi plane et verticale d'un réservoir en fer-blanc, j'ai ouvert un petit orifice à quelques millimètres du fond qui a été établi horizontalement sur deux supports placés aux extrémités de sa largeur : ce réservoir a

(*) Le Mémoire que j'ai présenté en 1868 à l'Académie des sciences contenait la majeure partie de ces expériences.

(Voir les *Comptes-rendus*, tome LXVII, ou le *Journal de mathématiques pures et appliquées*, tome XIV.) 2e série.

été rempli d'eau, et, comme sa section était très-grande par rapport à celle de l'orifice, le niveau A B (fig. 1, 2, 3 et 4) s'y abaissait très-lentement, de sorte qu'aucune phase des phénomènes ne pouvait échapper à l'observation.

1° A partir d'une certaine valeur de la charge d'eau sur le centre de l'orifice *o*, valeur qui s'est trouvée de 40 millimètres pour un diamètre d'un millimètre et demi, la trajectoire du jet liquide, d'abord parabolique, se déforme ; sa partie inférieure devient verticale, puis elle prend une inflexion qui la rapproche de plus en plus de la paroi verticale *cb* (fig. 1) du réservoir ; enfin, par un mouvement rapide, elle vient s'appliquer sur cette paroi. Ces premiers phénomènes peuvent être attribués à une attraction d'électricités ; on sait en effet, que l'écoulement de la vapeur d'eau par un orifice pratiqué dans la paroi d'un générateur, électrise en signes contraires cette paroi et le jet ; or Faraday a constaté que les électricités ainsi manifestées sont dues au frottement, sur les bords des orifices, de l'eau non vaporisée qui est entraînée.

2° Dans l'état précité des choses (fig. 2), la veine liquide fait avec le fond du réservoir un angle aigu, et, le niveau intérieur AB continuant à baisser, cet angle diminue progressivement jusqu'à devenir nul : puis la veine s'applique sur la surface inférieure *bnd* (fig. 3), du vase, surface qu'elle suit en formant un courant horizontal tenu en suspension malgré l'action de la gravité. Dans certains cas, ce courant est terminé en aval par un jet à peu près parabolique, *aef*, ce qui prouve qu'au point où il se détache de la paroi horizontale, la force qui, sur tout le parcours précédent, le fait adhérer à la paroi horizontale, est devenue trop petite pour soutenir son poids ;

or, ce qui a diminué d'amont en aval, c'est la vitesse du liquide par suite de son frottement, l'action des ménisques capillaires latéraux étant une constante. Dans les autres cas, qui se sont produits lorsque la paroi *b n d* avait été rendue très-rugueuse, le courant est terminé par une petite masse *h* immobile, arrondie dans tous les sens etsuspendue par un ménisque annulaire ; la vitesse qui reste à ce courant vient s'y éteindre ou s'y transformer, et le liquide s'échappe goutte à goutte de cette masse. Si l'on enfonce dans l'orifice un tampon qui le bouche entièrement, le courant ondule et se détache.

On ne saurait douter, d'après ces expériences, que la force qui s'ajoute à l'action des ménisques latéraux pour soutenir le poids des courants, et en général, celle à laquelle est dûe l'application des jets liquides aux surfaces solides, est une fonction de leur vitesse qui diminue et s'annule avec elle. On voit aussi que, toutes choses étant égales d'ailleurs, cette force augmente avec la rugosité des parois, puisque, dans le premier cas, elle laissait tomber le liquide à l'extrémité d'aval du courant, et que, dans le second, elle continuait à le soutenir.

La nature de la force dont il s'agit est indiquée par une autre expérience que j'avais faite en 1846, au début de mes recherches sur l'écoulement par dessus les barrages et les digues de diverses formes (*). Des nappes d'eau dont l'épaisseur s'est élevée jusqu'à 115 millimètres, et qui passaient sur des barrages à arêtes vives en madriers épais, au lieu de former un jet parabolique, s'appliquaient sur le sommet et sur la face d'aval verticale de ces barrages ; pensant qu'un phénomène aussi considé-

(*) Voir le *Traité de la mesure des eaux courantes*, (Paris 1851), livre deuxième.

rable ne pouvait être dû qu'à un excès de la pression atmosphérique sur la pression intérieure du liquide, j'ai plongé un tube dans ces nappes jusqu'au sommet du barrage, et elles se sont rapidement détachées, avec un bruit caractéristique, jaillissant en paraboles : une tige quelconque produisait le même effet, lorsque la vitesse du courant était suffisante pour que le liquide s'isolât de l'arête d'aval de cette tige, et quand celle-ci pénétrait jusqu'au barrage. Le phénomène des nappes adhérentes s'étant produit sur des barrages de formes diverses, et notamment sur ceux qui ne présentaient aucune arête vive, il doit être regardé comme une conséquence générale du mouvement des liquides sur les surfaces solides.

En résumé l'on voit que :

Dans la zône troublée des courants liquides, il se produit une diminution de pression qui décroit et s'annule avec la vitesse des molécules.

Cette perte de pression ne peut d'ailleurs être attribuée qu'aux quantités de mouvement imprimées aux mêmes molécules dans le sens normal aux parois ; elle doit exister dans les courants de gaz et de vapeur, comme dans ceux des liquides.

Revenons à la première expérience : le courant horizontal étant établi, si l'on fait arriver sans choc de l'eau dans le réservoir, le niveau peut s'y élever sans que le courant cesse de s'appliquer aux parois, de sorte que le phénomène persiste sous une charge notablement plus grande que celle sous laquelle il a été engendré, jusqu'à ce que cette charge atteigne une certaine limite d'accroissement pour laquelle la veine liquide se détache de la paroi du réservoir, séparation spontanée qui avait aussi lieu pour les nappes adhérentes aux barrages, lorsque la charge du déversoir s'élevait au dessus d'une

valeur déterminée. Dans l'instant qui précède celui de la séparation, la force d'adhérence, normale à la paroi verticale du vase, est égale à la quantité de mouvement horizontale qu'elle détruit dans l'unité de temps, c'est-à-dire à

$$\frac{\delta}{g}\,\omega\,u^2, \qquad (1)$$

u étant la vitesse moyenne d'écoulement dans l'orifice, ω l'aire de celui-ci, et δ la densité du liquide. On conçoit d'ailleurs qu'à l'origine, pour que l'adhérence soit produite, il faut que la force à laquelle le phénomène est dû soit en excès sur la quantité de mouvement détruite, puisqu'elle doit en produire une autre qui rapproche la veine de la paroi.

24. — *Inexactitude d'une hypothèse théorique.* — Les hydrauliciens ont admis jusqu'à ces derniers temps que les parois des courants exerçaient sur les molécules liquides en contact avec elles une sorte d'attraction qui les y fixait, de sorte que la vitesse des couches fluides diminuait jusqu'à devenir nulle, hypothèse qui paraît nécessaire pour la théorie du régime uniforme quand l'on ne considère ni la zône troublée, ni les mouvements intestins dont elle est le siége. A cet égard, il faut remarquer que la couche en contact avec la paroi est attirée en sens contraire par la couche intérieure voisine, de sorte que l'hypothèse d'une adhérence naturelle aux parois implique celle d'un excès de leur attraction sur la seconde : or, c'est un excès inverse qui devrait être admis, car si, dans l'expérience qui vient de nous occuper, le courant horizontal étant établi, on place sous sa moitié d'amont un petit récipient dont les bords en soient très-rapprochés, et que l'on remplit lentement d'eau jusqu'à la faire

déborder, au moment où la surface de ce liquide vient en contact avec celle du courant, celui-ci disparaît tout entier.

25. — Dans l'expression (1), la quantité u est toujours plus grande que la vitesse w des molécules en contact avec la paroi solide; si l'on considère en outre que rien n'autorise à admettre que l'une soit proportionnelle à l'autre, on voit que l'on ne peut en déduire que la relation

$$f(w) = \frac{\delta \omega}{g} u^2,$$

$f(w)$ étant la valeur de la diminution de pression produite dans la zone troublée. Le phénomène de la séparation spontanée est d'ailleurs général; ainsi, un jet liquide lancé contre une surface convexe fixe, cesse de s'y appliquer quand sa vitesse est augmentée jusqu'à une certaine grandeur.

26. — *Influence du diamètre des tuyaux sur la loi des pertes de chûte qui s'y produisent.* L'épaisseur des zônes troublées augmente nécessairement avec la rugosité des parois et la vitesse du fluide: dans les canaux ou dans les tuyaux de conduite ordinairement employés, elle n'occupe qu'une faible partie aliquote de la section fluide transversale: mais, dans les tuyaux à petit rayon, il peut arriver que les phénomènes de mouvements intéstins excités par les aspérités des parois affectent la plus grande partie du courant fluide, ou même le troublent entièrement, de sorte que les lois du mouvement de translation et celle du volume fluide que ces tuyaux débitent, soient notablement différentes de celles qui correspondent à de plus grands diamètres.

27. — *Moyens mouvements des zônes troublées.* — Je terminerai en exposant une propriété générale des moyens mouvements de translation des zônes troublées des courants liquides dont le régime est permanent et dont les parois sont uniformément rugueuses.

M. l'ingénieur Baumgarten, à la suite de nombreuses observations de vitesse effectuées dans le lit de la Garonne près de Marmande, et publiées en 1847 dans les *Annales des Ponts et Chaussées*, a tracé, pour plusieurs sections transversales du fleuve, des *courbes d'égale vitesse*, c'est-à-dire dont chacune contient tous les points où les molécules fluides ont une vitesse de translation commune ; or, il a remarqué que celles qui se trouvaient les plus voisines du profil des parois lui étaient à très peu près parallèles : les observations faites par le même ingénieur dans le canal du Rhône au Rhin près de Strasbourg conduisent à un résultat analogue : enfin, celles que M. H. Bazin a publiées en 1865 (*) et qui ont été effectuées, soit dans des canaux d'expérience à profils transversaux divers, soit dans des tuyaux à section rectangulaire, ne laissent aucun doute sur sa généralité. Les observations de ces deux ingénieurs se sont arrêtées à plusieurs centimètres des parois ; mais, si nous considérons que le parallélisme dont il s'agit augmente d'une courbe d'égale vitesse à la suivante à mesure qu'elles se rapprochent de ces parois, et qu'il était déjà presque complet à la distance précitée, nous devons en conclure qu'il avait lieu plus approximativement encore, dans la zône troublée dont l'épaisseur est, au plus, de quelques millimètres ; or, il en résulte que,

(*) *Voir l'ouvrage intitulé, Recherches hydrauliques entreprises par M. Darcy et continuées par M. H. Bazin* (Paris, 1865).

dans chaque section transversale de cette zône, les moyennes vitesses de translation (20) *peuvent être regardées comme égales entre elles, à des distances égales des parois.* S'il existe quelque exception, c'est dans les angles rentrants, où le fluide subit l'influence des deux parois qui en forment les côtés ; mais il est facile de voir que l'altération locale de la vitesse est insignifiante, surtout au point de vue pratique.

La cause de cette propriété, qu'une notable différence de rugosité peut altérer, est que, dans les courants liquides, les pertes de vitesse de translation dues à la résistance des parois (*) sont indépendantes des pressions statiques sous lesquelles elles ont lieu ; de sorte qu'à une égale distance de ces parois, les vitesses restantes doivent être les mêmes à toute profondeur, lorsque l'action motrice s'exerce également sur toutes les molécules. Cette condition nécessaire de la propriété qui vient d'être exposée se trouve d'ailleurs réalisée dans chaque section transversale de la plupart des courants liquides.

Dans les gaz et les vapeurs, les différences de densité dues à des différences de pression peuvent influer sur les mouvements intestins occasionnés par les aspérités des parois, et, par conséquent, sur les pertes de vitesse ; mais, lorsque l'inégalité de pression n'est due qu'au poids du fluide superposé à chaque molécule, on peut, en attendant des résultats d'observation analogues à ceux qui viennent d'être cités, admettre que la propriété précédente des zônes troublées existe encore, au moins très-approximativement.

(*) Toutes les expériences qui ont été faites sur cette résistance prouvent qu'elle est indépendante des pressions statiques, au moins en ce qui concerne les liquides.

Je m'occuperai maintenant des courants liquides à régime dit uniforme, et j'exposerai une théorie qui, considérant le travail consommé par les mouvements intestins, ouvre de nouveaux aspects, et conduit, entre autres résultats utiles, à la véritable signification de diverses quantités fréquemment employées.

CHAPITRE II.

NOUVELLE THÉORIE DU RÉGIME UNIFORME DES COURANTS LIQUIDES

28. — Le régime dit uniforme présente une grande importance, puisque c'est celui qui a lieu dans les canaux et les tuyaux de conduite bien établis : en outre, c'est à ce régime, pour lequel le transport des liquides n'exige qu'un minimum relatif de perte de chûte, que tendent les modifications qui s'opèrent naturellement dans le lit de la plupart des rivières, surtout quand les crues n'y sont ni considérables, ni fréquentes, et, à certaines époques de l'année, on le rencontre dans les parties rectilignes ou a faible courbure de ces cours d'eau.

Dans les applications, on est obligé de considérer les vitesses de translation indiquées par les flotteurs ou par les autres instruments hydrométriques, et les lois de ces vitesses ; en conséquence, je remplacerai les mouvements vrais, qui sont périodiques, par ces moyens mouvements (20), que l'on peut regarder comme uniformes. Non-seulement, cette substitution est une nécessité pratique, mais en outre, elle ne peut occasionner dans les résultats applicables, aucune erreur préjudiciable aux opérations des ingénieurs, attendu que les variations des forces vives de translation sont alternativement de signes contraires et égales entre elles.

29. — *Définition des nappes à égales vitesses et des filets liquides.* La considération des *courbes d'égale vitesse* (27) conduit à regarder les courants à régime uniforme comme composés de couches extrêmement minces ayant ces courbes pour directrices, et dont les génératrices sont parallèles au mouvement général de translation du courant. Cette notion pouvant être utile pour les calculs théoriques qu'elle simplifie, je vais la préciser en lui donnant un caractère physique.

Considérons, dans l'une des sections transversales, c'est-à-dire perpendiculaires à la direction du courant, le système des molécules dont la vitesse expérimentale est v, puis les deux systèmes immédiatement voisins dont l'un a une vitesse v' supérieure à celle-ci, tandis que l'autre se transporte avec une vitesse v'' inférieure à v : en supposant même que les molécules liquides oscillent transversalement, elles doivent passer périodiquement par des positions moyennes ; nommons l, l' et l'' les lignes qui, respectivement, dans chacun des trois systèmes précités, joignent entre elles ces positions, et concevons une courbe A passant par le milieu de l'intervalle existant entre l et l'', puis une seconde courbe A′ équidistante de l et de l' : ces deux courbes, dont l'intervalle est égal à la distance intermoléculaire moyenne ρ, comprendront entre elles les molécules animées de la vitesse de translation v. Concevons maintenant, dans la même section, deux éléments linéaires, dont chacun soit normal aux deux courbes A et A′, et dont l'intervalle soit égal à la distance intermoléculaire ρ' existant dans le sens tangentiel ; cette distance étant extrêmement petite, l'aire du quadrilatère limité par les deux normales et par les arcs qu'elles interceptent sur les courbes A et A′, peut être mesurée par le produit $\rho\rho'$. Cela posé, j'appliquerai la

dénomination de *filet liquide* employée trop vaguement par les hydrauliciens, à l'élément prismatique du volume du courant qui a pour section transversale cette aire, et pour arêtes des lignes parallèles au mouvement de translation; en outre, je regarderai les courants comme composés de groupes moléculaires ayant pour section transversale l'aire comprise entre deux courbes telles que A et A′ et pour génératrices des lignes parallèles au mouvement de translation; je nommerai ces groupes *nappes à égales vitesses*, ou, pour abréger, *nappes*. En résumé, chacune d'elles est la somme des filets qui ont une même vitesse de translation, et le courant est la somme des nappes à égales vitesses.

Les définitions qui viennent d'être posées, outre leur précision, présentent cet avantage que les proportions de la matière liquide et des intervalles qui n'en contiennent pas, sont les mêmes dans chaque filet ou dans chaque nappe que dans la masse totale, de sorte que les poids de ces éléments ont pour mesure exacte le produit de leur volume par la densité gravimétrique du courant.

30. — *Observations relatives au frottement des courants sur leurs parois.* — On regarde généralement les pertes de vitesse de translation occasionnées par les parois comme entièrement dues à une résistance parallèle à ces parois, résistance que l'on nomme frottement, mais cette manière de voir doit être modifiée. En effet, une partie des pertes dont il s'agit a pour causes les mouvements intestins, qui consomment une certaine portion du travail moteur dépensé sur le courant; l'autre partie de ces pertes doit être attribuée à la somme des composantes parallèles au mouvement de translation, des réactions des aspérités des parois, et, en outre, quand les pores de ces parois ne sont pas remplies de matières solides,

à la cohésion entre la dernière couche du courant et les bases des petites colonnes liquides que la capillarité introduit dans les pores. La réaction précitée a lieu dans le frottement des corps solides entre eux comme dans celui des fluides sur les solides; son intensité est sans doute plus grande dans le premier cas que dans le second, mais elle doit être, dans l'un comme dans l'autre, une fonction de la vitesse de translation, puisqu'elle résulte de chocs continuels.

Pour préciser entièrement la distinction que nous établissons entre les deux catégories de causes des pertes de vitesse dues aux parois, il suffit de concevoir l'expérience suivante : si, sur la surface horizontale d'une masse d'eau en repos, on fait glisser, avec une vitesse constante V, un prisme en liége légèrement convexe à ses extrémités, la force de traction qu'il faudra employer sera due aux deux catégories de causes précitées, car les aspérités de la surface mouillée feront naître dans la masse liquide des quantités de mouvements intérieures ; mais, si, le prisme étant immobile, on fait mouvoir la masse liquide avec la vitesse précédente V, la force qu'il faudra exercer parallèlement à cette vitesse pour le maintenir au repos ne sera due qu'à la somme des composantes tangentielles des actions exercées sur les aspérités de la surface solide mouillée, et aux cohésions ci-dessus mentionnées, lesquelles sont, d'ailleurs, relativement très-faibles.

31. — *Remarque relative à la pente des courants.* — Lorsqu'il s'agit des canaux ou des rivières, la dénomination de pente s'applique au sinus de l'inclinaison sous l'horizon, de la surface liquide libre, surface qui, dans le cas du régime uniforme, est sensiblement parallèle au fond du lit, et cet élément de calcul peut être obtenu au

moyen d'un nivellement. Cette opération est difficile, elle doit être répétée plusieurs fois afin qu'on puisse adopter une moyenne ; il faut d'ailleurs y employer des tiges verticales métalliques terminées par une pointe très-fine que l'on amène lentement au contact de la surface liquide : quand ces pointes pénètrent au lieu de toucher simplement, elles excitent des rides superficielles que les rayons solaires peuvent faire apercevoir.

Dans le cas des tuyaux, les hydrauliciens ont appliqué la dénomination de pente à la différence de niveau, par unité de longueur du courant, entre les sommets des colonnes liquides de piézomètres insérés dans la paroi (*), mais alors l'expression est défectueuse, car elle n'a pas, comme dans les cas précédents, une relation directe avec l'inclinaison du courant lui-même, inclinaison qui peut être nulle sans que la dénivellation piézométrique le soit. Or, dans l'une et l'autre des deux catégories de courants, la quantité dont il s'agit est la portion de la chute disponible qui est perdue par suite des résistances au mouvement du fluide, de sorte que la dénomination de *perte de chute* que j'ai proposée et adoptée, convient beaucoup mieux, attendu qu'elle représente, dans tous les cas, la réalité naturelle des faits.

32. — *Théorie générale.* — Nous nous occuperons d'abord de la *région principale* (21) des courants : considérant l'unité de longueur d'une nappe à égales vitesses N, je désignerai par

(*) Les oscillations continuelles de ces colonnes liquides peuvent occasionner des erreurs, qui sont, proportionnellement, d'autant plus préjudiciables, que les dénivellations sont plus faibles en valeur absolue ; au lieu de mesurer directement les hauteurs moyennes comme plusieurs auteurs l'ont fait, il faut observer le maximum et le minimum de la hauteur de chaque colonne, pour en prendre ensuite la moyenne.

v la vitesse du *moyen mouvement* de translation commun à toutes ses molécules,

ω l'aire constante de la section transversale de cette nappe,

i la perte de chute,

D le poids de l'unité de volume du courant.

La quantité de travail moteur produite, dans l'unité de temps, par la gravité, est

$$D\,\omega\,v\,i.$$

D'après les résultats d'observation, le système des nappes enveloppe un filet intérieur animé de la vitesse maxima, et les vitesses de ces nappes décroissent de l'une à l'autre d'une manière continue jusqu'à la zône troublée : en conséquence, la nappe quelconque N que nous considérons est située entre deux masses liquides auxquelles elle est liée par des forces intérieures, et dont l'une tend à retarder son mouvement, tandis que l'autre tend à l'accélérer : je désignerai par X_1 la quantité de travail, dans l'unité de temps, de l'action retardatrice, et par X celle de l'action accélératrice.

Quant aux mouvements intestins dont chaque nappe peut être le siège, nous devons croire que les liaisons intermoléculaires leur opposent des résistances, car tous les mouvements analogues que leur amplitude rend observables s'affaiblissent progressivement lorsqu'ils ne sont pas entretenus par une force appliquée, et l'on peut même augurer que la viscosité joue ici un rôle important, attendu que cet affaiblissement est d'autant plus rapide que les liquides sont plus visqueux. Comprenant dans un seul terme les quantités de travail dépensées par la gravité pour l'entretien de ces

mouvements intestins qui ont une relation nécessaire avec la différence des vitesses de translation des nappes, je désignerai par ζ la perte de chute correspondante, de sorte que ce terme sera exprimé par le produit

$$\mathrm{D}\,\omega\,v\,\zeta.$$

Les courants à régime uniforme étant exempts de causes d'irrégularité, telles que des obstacles intérieurs, des coudes brusques ou à petit rayon, des variations de dimensions transversales, etc., les périodes successives du mouvement de translation de chaque élément liquide doivent être égales entre elles sous tous les rapports : or, dans un semblable régime, les effets de l'inertie se compensent. D'un autre côté, le travail de compression du liquide est nul ou parfaitement négligeable, et, enfin, aucun fait connu ne nous autoriserait à supposer ici un travail thermo-dynamique.

En conséquence, le travail moteur de la gravité se répartit entre le mouvement sensible ou de transport, et les mouvements intestins ou latents ; c'est le principe que nous proposons d'adopter.

Cela posé, l'équation du régime uniforme d'une nappe à égales vitesses quelconque de la région principale des courants est

$$\mathrm{D}\,\omega\,v\,i = \mathrm{X}_1 - \mathrm{X} + \mathrm{D}\,\omega\,v\,\zeta.$$

Soient maintemant :

v_2 la vitesse de transport de la nappe N_2 qui est immédiatement voisine de la nappe N du côté des parois,

ω_2 l'aire de sa section transversale,

ζ_2 la perte de chute correspondante aux mouvements intestins de cette seconde nappe,

X_2 le travail de la résistance que la masse liquide située entre elle et les parois oppose à son mouvement relatif.

L'action retardatrice appliquée à la surface externe A de la nappe précédente N peut être regardée comme une réaction de la nappe N_2, opposée à l'action accélératrice exercée ou transmise par la première à la surface interne de cette seconde nappe, surface qui se confond avec A ; on a donc, pour la nappe N_2, l'équation

$$D\,\omega_2\,v_2\,i = X_2 - X_1 + D\,\omega_2\,v_2\,\zeta_2.$$

Chacune des nappes suivantes donne lieu à une équation analogue, et, si l'on spécifie par l'indice n les quantités qui se rapportent à celle à laquelle on s'arrête, la dernière équation est

$$D\,\omega_n\,v_n\,i = X_n - X_{n-1} + D\,\omega_n\,v_n\,\zeta_n.$$

L'addition de ces équations successives élimine les indéterminées X_{n-1}, X_{n-2}....., X_1 et a pour résultat une équation générale du régime uniforme d'une portion de la région principale du courant, comprise entre deux nappes à égale vitesse : or la somme des produits ωv, $\omega_2 v_2$.... $\omega_n v_n$ est le volume liquide qui passe dans l'unité de temps par les sections transversales de cette portion du courant, c'est-à-dire son *débit* que je désignerai par q : d'un autre côté, la somme des produits tels que $D\,\omega\,v\,\zeta$ est égale au travail moteur qui est consommé pour l'entretien des mouvements intestins, ou, si l'on veut adopter cette expression, des *forces vives latentes*

(*) de la même partie considérée du courant : en désignant par z la perte de chute correspondante, on a donc

$$(2) \qquad \mathrm{D}\, q\, i = \mathrm{X}_n - \mathrm{X} + \mathrm{D}\, q\, z.$$

En appliquant les considérations précédentes au cylindre liquide qui, limité par l'une quelconque des nappes à égales vitesses, comprend le filet intérieur animé de la vitesse *maxima*, et désignant par :

q_n le débit de ce cylindre,

z_n la perte de chute due à ses forces vives latentes, on obtient l'équation

$$(3) \qquad \mathrm{D}\, q_n\, i = \mathrm{X}_n + \mathrm{D}\, q_n\, z_n.$$

Je m'occuperai maintenant de la zône troublée contiguë aux parois. Les observations et les considérations exposées au n° 27 prouvent que, quand les parois sont uniformément rugueuses, la zône dont il s'agit a une épaisseur uniforme, et qu'elle est limitée, du côté intérieur, par une nappe à égales vitesses. Cette nappe, qui appartient à la région principale du courant, exerce nécessairement sur le fluide de la zône, ou lui transmet, une action accélératrice dont je représenterai le travail dans l'unité de temps par X_0. D'un autre côté, la résistance opposée réellement par les parois au mouvement

(*) Les mouvements intérieurs dont il s'agit ici sont effectivement latents, attendu que les masses liquides, lorsque leur régime de transport est uniforme, présentent une apparence de calme. Quant aux mouvements très-visibles ou même *tumultueux*, dont on a un peu abusé pour justifier des désaccords entre l'expérience et la théorie sans indiquer des modifications à introduire dans celle-ci, ils ne se produisent que dans des circonstances particulières et anormales.

de transport du liquide, peut être regardée comme constante sur l'unité de surface des parois homogènes. Enfin, pour tenir compte de l'augmentation de surface due à ces aspérités, je multiplierai le périmètre mouillé S résultant de la mesure des dimensions transversales de la masse liquide, par un facteur c dépendant de l'état des parois, et auquel je donnerai le nom de *coefficient de rugosité*.

Cela posé, en désignant par :

β la résistance que l'unité de surface des parois oppose au mouvement de transport du liquide,

w_0 la vitesse moyenne de la zône troublée,

on peut représenter le travail, dans l'unité de temps, de la résistance qui a lieu sur l'unité de longueur des parois, par le produit $c\,S\,\beta\,w_0$.

La quantité de travail moteur de la gravité dans le même temps est $D\,\Omega_0\,w_0\,i$, si l'on désigne par Ω_0 l'aire de la section transversale de la zône troublée.

Au moyen de poussières flottant très-près de parois présentant des aspérités visibles, on peut s'assurer que la portion de la zône qui n'est pas engagée entre ces aspérités a un régime sensiblement uniforme ; quant aux particules liquides qui les rencontrent, il peut sembler nécessaire de faire entrer dans les équations un terme représentant l'effet de leur inertie. En désignant par :

u' et u'' les valeurs de leur vitesse absolue au commencement et à la fin du temps considéré,

p le poids du liquide qui passe dans ce temps entre les aspérités,

on a pour expression du travail d'inertie

$$\frac{p}{2g}\,(u''^2 - u'^2),$$

quantité dont la valeur absolue se retranche du travail moteur ou s'y ajoute, selon que, dans le temps considéré, le mouvement vrai a été accéléré ou retardé. En définitive, l'équation relative à la zône troublée serait

$$(4) \qquad \mathrm{D}\,\Omega_0\,w_0\,i \pm \frac{p}{2g}\,(u''^2 - u'^2) = \\ = c\,\mathrm{S}\,\beta\,w_0 + \mathrm{D}\,\Omega_0\,w_0\,z_0 - \mathrm{X}_0.$$

En faisant $\mathrm{X}_n = \mathrm{X}_0$ dans l'équation (3), puis éliminant X_0 entre cette équation, qui, après la substitution, s'applique à la région principale toute entière, et l'équation (4), on a

$$\mathrm{D}\,(q_n + \Omega_0\,w_0)\,i \pm \frac{p}{2g}\,(u''^2 - u'^2) = \\ = c\,\mathrm{S}\,\beta\,w_0 + \mathrm{D}\,(q_n\,z_n + \Omega_0\,w_0\,z_0).$$

On ne pourrait obtenir les valeurs du second terme du premier membre, mais il y a lieu de remarquer : 1° que la masse qu'il concerne n'est qu'une portion de la zône troublée, et, par conséquent, une très-petite fraction de la masse du courant ; 2° que les vitesses u' et u'' doivent être faibles, les molécules liquides rencontrant incessamment des obstacles ; 3° que ces molécules, en se déviant, passent dans les intervalles compris entre les aspérités, où elles doivent recevoir une certaine accélération succédant à un ralentissement produit par leur choc contre ces obstacles, en sorte que les effets de leur inertie, non-seulement sont très-faibles, mais en outre se compensent, sinon entièrement, au moins en partie. En conséquence, le terme dont il s'agit est parfaitement négligeable devant le travail total de la pesanteur représenté par le terme précédent. Cela posé, en désignant par :

Q le débit total du courant,

$T = D(q_n z_n + \Omega_0 w_0 z_0)$ la portion du travail moteur de la gravité qui est consommée pour l'entretien des forces vives latentes dans la totalité de la masse, sur l'unité de longueur du courant,

l'équation précédente devient

$$DQi = cS\beta w_0 + T. \tag{5}$$

J'exposerai plus loin les considérations théoriques au moyen desquelles on peut obtenir des expressions du travail T en fonction des données ordinaires des calculs des ingénieurs.

33. — *Caractère des résistances auxquelles l'uniformité du régime est attribuée.* — On comprend l'imperfection des formules qui ont été proposées jusqu'à présent pour exprimer une loi de l'action retardatrice des parois, en se rendant compte de la véritable signification des forces auxquelles a été attribué le rôle d'équilibrer les poids des masses fluides en agissant sur les molécules de leur contour : considérant d'abord celle que l'on nomme *frottement des parois*, et dont les valeurs numériques ont été déterminées au moyen de nombreuses expériences, nous désignerons par :

F ce frottement sur l'unité de surface,

A l'aire de la section transversale du courant,

U sa vitesse moyenne.

On a posé la relation $SF = DAi$; or, en multipliant les deux membres de cette égalité par la vitesse moyenne, on a $SFU = DQi$, et en substituant au produit DQi sa valeur tirée de l'équation (5).

$$SFU = cS\beta w_0 + T,$$

ce qui montre que S F est un *effort moyen fictif*, dont la quantité de travail, effectuée le long d'un chemin égal à la vitesse moyenne du courant, serait numériquement égale à la somme de celles qui sont consommées dans l'unité de temps par la résistance effective des parois et par les mouvements intestins de la masse liquide.

Quant aux frottements des couches fluides les unes sur les autres, que l'on a fait intervenir de la même manière, soient :

σ et Ω le périmètre et l'aire de la section transversale d'un cylindre liquide intérieur limité par une nappe à égales vitesses,

u sa vitesse moyenne,

φ la résistance, par unité de surface, au glissement de ce cylindre sur la nappe qui l'enveloppe.

L'équation (5), dont le principe est incontestable, donne, en désignant par τ le travail latent de cette partie du courant,

$$D\Omega\, ui = X_n + \tau,$$

et, par conséquent, en y introduisant la notion de l'équilibre entre le frottement et la gravité,

$$\sigma\varphi\, u = X_n + \tau.$$

La résistance intérieure, que l'on a considérée jusqu'à présent comme une sorte de frottement faisant équilibre à la force accélératrice appliquée à un cylindre fluide, a donc une signification analogue à celle de la résistance extérieure précitée, et elle est également fictive. Toutefois, la connaissance de formules exprimant les valeurs de l'une et de l'autre, à titre d'effort moyen ou *d'équivalent dynamique*, serait très-utile aux ingénieurs, en contri-

buant à des solutions suffisamment approximatives des problèmes qui se présentent dans la pratique. En ce qui concerne particulièrement les résistances intérieures, cette connaissance ne peut, actuellement, résulter que de la recherche des lois de la distribution des vitesses dans les courants à régime uniforme, question qui va nous occuper. Quant à l'évaluation du travail T, consommé par les mouvements intestins, elle sera déduite d'une théorie générale du *travail intermoléculaire* des systèmes matériels, théorie que j'exposerai plus loin.

CHAPITRE III.

NOTIONS CONCERNANT LES LOIS DE LA DISTRIBUTION DES VITESSES DANS LES COURANTS LIQUIDES A RÉGIME UNIFORME.

Les lois suivant lesquelles les vitesses des nappes liquides à régime uniforme décroissent avec leur distance aux parois d'un courant, ont une grande importance, non-seulement pour la pratique du jaugeage des cours d'eau, mais, en outre, pour la découverte de bases essentielles des théories du mouvement des liquides; en conséquence, on ne saurait apporter à leur étude trop de soin et de critique scientifique.

Ire Section.

Conditions à réaliser dans la recherche de ces lois.

34. — Pour pouvoir faire varier méthodiquement la section transversale, la perte de chute et le débit des courants, ce qui est nécessaire dans la rechreche des lois naturelles, il faut construire un établissement expérimen-

tal. Les auteurs qui m'ont précédé, et, malheureusement, ceux qui ont opéré plus récemment, paraissent avoir pensé qu'il suffisait, pour obtenir un régime uniforme, que le réservoir alimentaire fût à niveau constant, et que le canal ou les tuyaux fussent sans coudes, à pente uniforme et à profil transversal constant; or, d'autres conditions sont nécessaires, je vais les indiquer, et elles feront voir que, dans le grand nombre des résultats d'expérience connus, quelques-uns seulement peuvent être employés avec sécurité.

35. — *Dispositions d'amont.* — Toutes les dispositions qui concernent la région dans laquelle sont engendrées les vitesses de régime du courant, ont une grande importance; lorsqu'elles donnent lieu à des influences perturbatrices, on est exposé à observer, au lieu de lois générales, des rapports particuliers que l'on a involontairement fait naître, ou même à occasionner un état de désordre qui échappe à toute analyse; les mouvements anormaux du fluide peuvent s'affaiblir progressivement, mais leur influence ne serait suffisamment atténuée qu'à des distances de leur origine beaucoup plus grandes que celles dont on dispose.

Les orifices d'alimentation, dans lesquels la loi de distribution des vitesses est très-différente de celle que l'on cherche à découvrir, ne doivent pas être placés en tête du courant à étudier; il faut, entre celui-ci et ces orifices, interposer un réservoir secondaire à niveau constant; en outre, pour éviter les phénomènes perturbateurs que le choc des veines fluides occasionnerait dans ce réservoir, et par suite dans le courant, on divisera, par des écrans en clayonnage ou en mailles métalliques, ces veines en parties assez tenues pour que leurs actions isolées ne puissent donner lieu qu'à de faibles perturba-

tions (*) : enfin, le réservoir secondaire doit être raccordé avec le courant dont on veut rendre le régime uniforme, par de longues surfaces courbes. On sait d'ailleurs que la section transversale de ce courant, et la perte de chute qui s'y produit sur l'unité de longueur, doivent être constantes.

36. — L'auteur des dernières expériences sur le mouvement de l'eau dans les tuyaux a cru pouvoir, pour diminuer les charges résultant d'un réservoir supérieur, introduire dans les conduites, à leur origine, un étranglement brusque ; mais de semblables dispositions occasionnent des pulsations perturbatrices, et elles augmentent beaucoup l'étendue des oscillations des colonnes liquides des piézomètres que l'on insère dans les parois pour mesurer les pertes de chute du courant.

37. — *Dispositions d'aval. Pertuis régulateur.* — Lorsqu'il s'agit de tuyaux, il est utile de raccorder leur extrémité d'aval avec le bief dans lequel le fluide se rend. Pour les expériences sur les canaux, un raccordement ne suffirait pas, et il faut disposer, à l'extrémité d'aval de ces canaux, un *pertuis régulateur*, dispositif dont je vais montrer la nécessité et indiquer la détermination.

Dans chaque section d'un courant de longueur indéfinie, la pesanteur agit sur toutes les molécules avec la même intensité, mais, si l'on vient à supprimer la portion d'aval de ce courant pour en faire passer le fluide par un orifice ordinaire, les molécules prennent dans celui-ci une accélération croissant avec leur distance à la surface, ce qui produit un renversement de l'ordre naturel des

(*) L'idée du fractionnement des grandes veines alimentaires m'avait été indiquée par M. Poncelet en 1843, époque de mes premières expériences d'hydraulique.

vitesses. Les tranches horizontales inférieures de la section d'écoulement, dépensant plus de liquide qu'il n'en passe par les tranches correspondantes de la section voisine dans le canal, s'alimentent nécessairement aux dépens des tranches supérieures de cette section, d'où il résulte une dépression dans la masse, c'est-à-dire une pente superficielle ; en vertu de cette pente, les molécules de la section suivante reçoivent une accélération, de sorte que les tranches horizontales de cette seconde section du canal dépensent plus que les tranches de même hauteur dans la troisième ; il en résulte une nouvelle dénivellation qui est plus faible que la précédente parce que la différence de vitesse des tranches de même hauteur n'est due qu'à celle-ci et aux actions mutuelles des particules liquides. C'est ainsi que s'engendrent la courbure de la surface et la communication, de proche en proche, des modifications dans la grandeur et l'ordre des vitesses. En conséquence, si l'on fait en sorte que les diverses tranches horizontales de l'orifice d'aval dépensent un volume de fluide égal à celui qui passe par les tranches de même hauteur dans le canal, quand la loi de distribution des vitesses n'y est pas troublée, les molécules liquides suivront toutes des chemins parallèles entre eux et à la pente naturelle du courant qui se maintiendra jusqu'au pertuis ; celui-ci devra d'ailleurs être raccordé avec les parois latérales du canal par des surfaces à double courbure.

Cela posé, soient :

H la profondeur du courant,

$2l'$ et $2l''''$ ses largeurs à la surface et sur le fond du lit,

2λ la largeur de la tranche horizontale de l'orifice d'aval, qui est située à une hauteur z en dessous de la surface liquide,

u la vitesse moyenne de cette tranche,

u la vitesse moyenne de cette tranche,

w la vitesse moyenne de la tranche correspondante du courant à régime uniforme, tranche dont la largeur est $2l$.

D'après ce qui vient d'être dit, la condition fondamentale du tracé du pertuis régulateur est

$$\lambda u\, dz = l\, w\, dz,$$

puisque le raccordement précité annulera la contraction sur les côtés de cet orifice; d'où

$$\lambda = l\,\frac{w}{u}. \qquad (1)$$

Si le canal a une section rectangulaire, l sera une constante; si ses parois latérales sont en talus, on a

$$l = l' - \frac{z}{H}\,(l' - l'').$$

D'un autre côté, la loi de variation des vitesses sur la verticale du milieu d'un courant à régime sensiblement uniforme étant connue, comme on le verra plus loin, on aura, en désignant par v la vitesse sur cette verticale à une hauteur z en dessous de la surface,

$$v = \varphi\,(z),$$

et l'on supposera d'abord $w = kv$, k étant une fraction numérique, d'où l'on tire

$$w = k\,\varphi\,(z).$$

En outre, si le liquide se rend dans un bief d'aval noyant en partie le pertuis à tracer, bief dont la surface est

à une hauteur h en dessous de celle du courant dans le canal, on prendra

$$u = \sqrt{2gh}$$

ou, si le pertuis verse à l'air libre,

$$u = \sqrt{2gz}.$$

En mettant ces valeurs dans la relation (1), on aura une première équation du tracé du pertuis régulateur, par exemple, dans le cas de l'écoulement à l'air libre

$$\lambda = k.l\,\frac{\varphi(z)}{\sqrt{2gz}};$$

mais les valeurs de w et de u n'étant qu'approximatives, on regardera k comme un coefficient expérimental destiné à corriger les inexactitudes. Cela posé, on fera d'abord $k = 0{,}90$, et l'on essayera le tracé correspondant, exécuté sur des panneaux en bois. Les flotteurs (*) placés au milieu de la surface liquide dans le canal n'indiqueront pas, en général, un régime suffisamment uniforme, surtout pour des expériences sur quelque loi importante, mais, par un tâtonnement que l'on exécutera au moyen de bandes flexibles en bois, fixées sur les côtés du pertuis et lutées avec de la terre grasse, on arrivera promptement à l'uniformité du mouvement de translation de ces flotteurs, et la mesure des largeurs λ permettra de calculer

(*) Les flotteurs les plus exacts sont de petits pains à cacheter qui, s'imbibant de liquide, adhèrent aux molécules superficielles des courants, procédé qui a été employé pour la première fois dans mes expériences de l'année 1845.

le coefficient de correction k pour l'établissement définitif des pertuis régulateurs (*).

Section II.

Résultats d'expérience concernant la distribution des vitesses dans les canaux et les rivières.

38. — *Anciens résultats d'observation.* — En 1732, Pitot montra par des observations faites sur la Seine au moyen de l'instrument qu'il avait récemment inventé, que la vitesse décroît sur une même verticale à mesure que les filets liquides sont plus rapprochés du fond du lit, ce qui détruisit une erreur accréditée par les ouvrages théoriques de Castelli ; soixante ans après, Woltmann, qui paraît être l'inventeur du moulinet hydrométrique, conclut des résultats de diverses observations, et principalement de ceux que Brünings avait obtenus en Hollande dans le Rhin, que les vitesses décroissent sur une même verticale comme les ordonnées d'une parabole. En 1838, M. Défontaine, ingénieur des ponts-et-chaussées, a obtenu un résultat analogue en France dans le même fleuve.

39. — *Expériences modernes.* — En 1845, quand j'ai entrepris à Metz mes expériences d'hydraulique, les opinions relatives à la loi des vitesses étaient très-divergentes : ainsi, outre les résultats qui viennent d'être indiqués, certains auteurs avaient représenté cette loi par un arc d'ellipse, d'autres par une logarithmique, d'autres même par des lignes droites, de sorte que beaucoup d'ingé-

(*) Du Buat avait conçu l'idée d'un dispositif de ce genre ; mais, en l'absence d'une méthode précise, il n'avait pu la réaliser.

nieurs, à l'exemple de M. d'Aubuisson (*), doutaient de la possibilité d'obtenir des lois précises et semblables entre elles. Ayant cherché l'explication de divergences trop considérables pour être entièrement attribuées à l'imperfection des instruments d'observation qui avaient été employés, j'ai reconnu que ces divergences étaient dues en parties à la variété des circonstances dans lesquelles on avait opéré, et aux causes d'anomalies qui avaient été négligées, telles que l'influence du vent, la proximité des ponts, les variations du niveau pendant une même série d'observations, etc.; en outre, j'ai vu que, pour découvrir une loi fondamentale, il fallait opérer dans les conditions du régime uniforme, conditions que j'ai étudiées. En conséquence, j'ai construit un grand établissement hydraulique pourvu des dispositifs nécessaires pour assurer la réalisation de ce régime (nos 34 à 37) et pour éviter toute influence perturbatrice (**). Quant aux instruments d'observation, qui étaient alors peu exacts, j'ai fait construire un nouvel *Hydrodynamomètre* à vis micrométrique, dont la sensibilité était comparable à celle des meilleures balances, un moulinet perfectionné d'après une idée de M. Laignel, et un *tube hydrométrique* à bulle d'air curseur, instrument nouveau sous tous les rapports. Ces appareils, qui ont été employés concurremment, sont décrits dans le *Traité de la mesure des eaux courantes* avec ceux que je me proposais de faire construire afin de multiplier les moyens de comparaison.

Interrompues au bout de deux mois par des incidents

(*) *Traité d'Hydraulique à l'usage des ingénieurs*, 2e édition (1840).

(**) Voir mon *Traité de la mesure des eaux courantes*. Paris, 1854.

indépendants de ma volonté (*), les observations m'ont cependant permis de découvrir deux propriétés importantes. Elles ont été faites sur la verticale passant par le milieu de la largeur des courants, et j'ai trouvé le maximum de vitesse en dessous de leur surface libre, à une distance variant avec leur profondeur et leur rapidité. D'autres observateurs avaient obtenu ce maximum en dessous de la surface, mais on attribuait sa position relative à la résistance de l'air : doutant que le contact d'un fluide si mobile et d'une surface liquide parfaitement polie pût occasionner une résistance (**) capable d'abaisser autant la position dont il s'agit, j'ai profité d'une journée où régnait un vent soufflant de l'amont à l'aval du canal, pour faire une expérience décisive, et j'ai trouvé le maximum de vitesse un peu plus haut, mais toujours en dessous de la surface du courant, quoique le vent, non-seulement supprimât la résistance précitée, mais y substituât une action accélératrice. En conséquence, la position relative du maximum de vitesse en temps calme, devait être principalement attribuée à des phénomènes intérieurs, observation qui m'a suggéré, dès cette époque, l'idée des mouvements intestins (5).

La grande sensibilité de mes instruments hydrométriques a fait ressortir une autre propriété des courants, savoir, que le filet animé du maximum de vitesse partage leur hauteur en deux parties dans lesquelles la loi des vitesses n'est pas rigoureusement la même.

Enfin, j'ai constaté qu'en dessous du filet précité, cette

(*) Mes instruments ont été entièrement brisés par une main inconnue.

(**) Douze ans après, cette opinion a été justifiée par des expériences de M. Darcy, qui ont montré que la résistance de l'air en temps calme est insignifiante.

loi peut être représentée par une relation de la forme

$$v = A - B z^2$$

v étant la vitesse du filet situé à une distance verticale z de la surface.

La largeur des courants était de 0ᵐ680 ; leur profondeur de 0ᵐ206 et 0ᵐ348 (*) ; le tableau suivant contient les résultats obtenus quand l'atmosphère était calme.

DISTANCES verticales de la surface aux filets liquides.	VITESSES observées.	DISTANCES verticales de la surface aux filets liquides.	VITESSES observées.
Courant de 0ᵐ 206 de profondeur.		Courant de 0ᵐ 348 de profondeur.	
0ᵐ000	0ᵐ591	0ᵐ000	0ᵐ853
0,014	0,600	0,052	0,870
0,024	0,606	0,062	0,871
0,034	0,611	0,072	0,870
0,044	0,613	0,082	0,868
0,054	0,613	0,092	0,865
0,064	0,611	0,102	0,862
0,070	0,606	0,142	0,839
0,080	0,600	0,172	0,805
0,100	0,583	0,192	0,781
0,150	0,526	0,242	0,719
0,170	0,508	0,272	0,681
0,190	0,473	0,292	0,631
		0,312	0,621
		0,332	0,592

(*) Une série d'essai avait été faite dans un premier courant de 0ᵐ190 de hauteur, mais le tracé du pertuis régulateur était encore imparfait, de sorte que le régime de ce courant n'avait pas l'uniformité désirable.

En construisant, pour chacune de ces deux séries, le lieu géométrique des vitesses, c'est-à-dire une courbe dont les coordonnées rectangulaires sont, respectivement, les distances des points considérés à la surface du courant, et les vitesses correspondantes, j'ai reconnu que, dans la première, le maximum de vitesse se trouvait à 0^m050 en dessous de la surface et avait pour valeur 0^m616 tandis que, dans la seconde série, ce maximum était 0^m871 et se trouvait à 0^m064 de la surface. A partir du filet correspondant, la loi des vitesses dans la région inférieure des courants peut être représentée, pour le premier, par la relation

$$(1) \qquad v = 0^m627 - 4{,}283\, z^2,$$

et, pour le second courant, par

$$(2) \qquad v = 0^m879 - 2{,}615\, z^2.$$

41. — *Suite de mes études.* — Plusieurs années après, j'ai repris la recherche de la distribution des vitesses ; mais, n'ayant plus à ma disposition ce qui eût été nécessaire pour effectuer de nouvelles expériences, j'ai examiné les résultats dus, depuis l'année 1845, à divers observateurs, et j'ai employé ceux qui présentaient la plus grande probabilité d'exactitude. Le plus ancien est celui qui m'avait été communiqué par le colonel d'artillerie Hennocque en 1846 ; parmi plusieurs séries d'observations faites dans un bras du Rhin près de Strasbourg, en employant un système de moulinets légers, j'ai distingué la suivante, parce qu'elle avait été effectuée par un temps calme et dans le thalweg de la rivière :

z — 0^m000 — 0,150 — 0,350 — 0,950 — 1,35 — 1,95
v — 0^m675 — 0,765 — 0,802 — 0,747 — 0,702 — 0,574

En construisant le lieu géométrique des points dont les coordonnées sont v et z, j'ai reconnu que la distance du maximum de vitesse à la surface du courant était comprise entre 0^m40 et 0^m41, et que la valeur de ce maximum était 0^m810. Le tracé de la courbe fait d'ailleurs voir que la vitesse $v = 0^m747$ correspondant à $z = 0^m95$ est une anomalie, et il donne $v = 0^m762$. La partie de cette courbe qui s'étend au-dessous du maximum peut être représentée par la relation

$$v = 0^m821 - 0{,}0652\, z^2,$$

enfin, la profondeur d'eau était 2^m45.

42, — Une commission composée principalement d'ingénieurs militaires des Etats-Unis a entrepris, dans l'année 1850, en vertu d'un acte du congrès, un vaste système d'investigations sur le cours inférieur du Mississipi et sur ses affluents, afin de reconnaître toutes les circonstances du régime de ce grand fleuve, et de déterminer les travaux à exécuter pour préserver les contrées riveraine des inondations ; le savant et important rapport qui a été publié en 1861 à Philadelphie sur ces études par MM. le capitaine Humphreys et le lieutenant Abbot (*), contient un grand nombre de mesures de vitesse et les conséquences qui en ont été déduites. La profondeur du fleuve et

(*) On a publié en français un résumé des chapitres III, IV et V de ce grand travail, résumé dans lequel se trouvent diverses indications inexactes ; telle est, par exemple, celle qui m'attribue deux séries d'expériences présentées comme moins précises que celles qui viennent d'être citées n° 39 et 40, tandis que le texte américain ne concerne que les deux points inférieurs de l'une de celles-ci, points dont les vitesses ne satisfont pas aux formules données par les auteurs.

la rapidité de son cours rendaient ces mesures très-difficiles ; après avoir essayé différents moyens d'observation on adopta un équipage composé de deux flotteurs reliés entre eux par une corde : l'un de ces flotteurs, en bois de pin ou en liége, demeurait à la surface du courant et servait à décéler les mouvements de translation du second qui consistait en un baril ouvert et lesté au moyen de bandes de plomb de manière à le faire enfoncer, en le maintenant vertical, jusqu'à la profondeur déterminée par la longueur de la corde que l'on modifiait à volonté ; la surface que ce baril présentait à l'action du courant excédait assez celle du flotteur superficiel pour que celui-ci ne parût pas influer sensiblement sur les vitesses observées.

Les auteurs de ces observations, dans le but d'atténuer autant que possible l'importance relative des anomalies qu'elles présentent, en fondant la loi qu'ils cherchaient sur un grand nombre de résultats numériques, ont groupé entre eux ceux de ces résultats qui correspondaient à des points dont la distance à la surface du fleuve était une même partie aliquote de la profondeur d'eau totale (*), et ils ont obtenu une relation de la forme

$$v = \mathrm{V} - \mathrm{K}\,\frac{y^2}{\mathrm{H}^2},$$

où nous désignons par

y la distance du point de la verticale dont la vitesse est v, au filet animé de la vitesse *maxima* V, et H la profondeur d'eau totale.

En s'aidant des résultats des observations faites dans

(*) Nous ne nous occupons ici que de la variation des vitesses dans le sens vertical.

le sens de la largeur du fleuve sur une horizontale, résultats dont la relation se manifestait avec plus de précision que dans le sens vertical, les mêmes ingénieurs ont trouvé, pour le facteur K, la quantité $\sqrt{0,186\ U}$, où nous désignons par U la vitesse moyenne du fleuve. D'un autre côté, des observations effectuées dans la verticale du milieu d'un canal en maçonnerie sur une profondeur de 7, 1 pieds, ont conduit à la valeur 0,58 du coefficient de U, et l'on en a conclu que ce coefficient variait en sens inverse de la profondeur d'eau. On aurait, d'après les calculs dont il s'agit, rapportés au pied de $0^m,305$

$$K = \sqrt{\frac{1,69}{\sqrt{H} + 1,50}}\ \sqrt{U}.$$

Le système de moyennes employé par les auteurs de ce travail, ne peut être admis que comme donnant des aperçus ; on y a été conduit par les irrégularités nombreuses des résultats, probablement dues à l'état de périodicité des vitesses (20), périodicité qui était assez prononcée dans ce cas pour que les auteurs des observations aient remarqué une variabilité notable des mouvements de translation de l'équipage flotteur.

En conséquence, j'ai cherché à m'appuyer uniquement sur des résultats immédiats de l'observation, et les séries suivantes m'ont paru susceptibles de conduire à des conséquences plus certaines que celles des moyennes précitées, d'autant plus, qu'obtenues au même endroit et dans les mêmes circonstances, elles se contrôlent mutuellement et permettent de tracer le lieu géométrique des vitesses. Ce tracé a été effectué en prenant pour les vitesses une échelle centuple de celle des hauteurs, c'est-à-dire en représentant les variations et les écarts de ces

vitesses avec un grossissement considérable. Les observations avaient été effectuées dans la verticale du thalweg d'une portion rectiligne du Mississipi près de Carrolton(*), où la profondeur d'eau était de 105 pieds.

Numéros d'ordre.	Distances des filets à la surface du courant.	VITESSES	
		Observées.	Indiquées par le tracé.
	Pieds.	Pieds.	
1	0	4,44 4,55	4,495
2	3	4,35 4,55	4,55
3	6	4,76 4,76	4,60
4	18	4,76 4,76	4,76
5	36	4,65 4,76	4,705
6	54	4,65 4,55	4,55
7	72	4,55 4,35	4,35
8	90	4,65 4,17	4,17
9	102	4,00	4,00

Le tracé précité fait reconnaître que le maximum de vitesse était de 4p78, et qu'il avait lieu à une distance de la

(*) *Race-course base*, page 230 du savant rapport de MM. Humphreys et Abbot, intitulé *Report upon the physics and hydraulics of the Mississippi river*..... etc.

surface liquide comprise entre 20 et 22 pieds. La partie de la courbe qui est située au-dessous de ce point, et qui comprend les $\frac{4}{5}$ de la hauteur d'eau totale, peut être représentée par l'équation

$$v = 1^{m}464 - 0{,}0025\, z^{2}, \qquad (4)$$

les mesures étant exprimées en mètres, et z représentant les distances à la surface du courant.

43. — M. Darcy a entrepris en 1855, près de Dijon, des recherches expérimentales pour la solution des questions relatives au mouvement de l'eau dans les canaux ; préparées avec le concours de MM. Baumgarten et Ritter, puis exécutées avec celui de M. Bazin, ces recherches ont été continuées par ce dernier ingénieur après la mort de M. Darcy.

La rigole où se faisaient les expériences était raccordée en amont, par une portion trapézoïdale, à un réservoir communiquant avec le canal de Bourgogne par l'intermédiaire de quatre vannes de prise d'eau qui, ayant une largeur d'un mètre, faisaient jaillir, dans ce réservoir relativement peu étendu, des courants assez puissants pour en agiter la masse liquide; en outre, à l'origine du raccordement précité, on avait fixé un barrage transversal percé de douze orifices carrés de $0^{m}20$ de côté, sur le seuil desquels on maintenait en amont une charge d'eau de $0^{m}80$, orifices qui servaient pour régler et jauger le débit des courants dans lesquels se faisaient les observations.

Les circonstances principales de ce dispositif paraissent de nature à faire ressortir l'utilité des considérations et des préceptes exposés aux n^{os} 35, 36 et 37 ; il est facile

de voir, en effet, qu'indépendamment des fluctuations imprimées à la masse liquide du réservoir par la prise d'eau, les veines de 0^m20 de côté qui jaillissaient, avec une grande vitesse, de la totalité ou d'une partie des douze orifices précités, produisaient dans les courants en expérience, des chocs intérieurs et, par conséquent, des agitations tumultueuses ; cette influence anormale est, d'ailleurs, mise en évidence par les ondulations considérables des profils longitudinaux donnés par M. Bazin. En outre, on lit dans la description du mode de procéder suivi (*) : «.... la plupart des expériences ont été faites en ouvrant successivement un, deux, trois... douze orifices : la charge étant toujours la même, chaque série comprenait ainsi douze expériences faites avec des débits parfaitement invariables, ce qui facilitait beaucoup la comparaison des résultats..». Or, pour ces débits successifs, la pente superficielle des courants n'était pas et ne pouvait être la même, de sorte que l'une des conditions essentielles du régime uniforme n'était satisfaite que quand cette pente superficielle s'est trouvée égale à celle du fond du canal, coincidence qui s'est rarement produite.

Pour la mesure des vitesses, on a employé un tube de Pitot, à la construction duquel M. Darcy avait apporté de notables améliorations complétant celles qui avaient été antérieurement proposées par l'ingénieur Mallet ; les dispositions adoptées ont rendu l'emploi de l'instrument beaucoup plus commode pour l'observateur, mais elles n'ont pu faire disparaître l'incertitude résultant des oscillations de la colonne liquide (**) ; en rétrécissant l'entrée

(*) Voir l'ouvrage intitulé *Recherches hydrauliques entreprises par M. Darcy et continuées par M. Bazin* (1re partie. Paris, 1865).

(**) Pour employer un instrument de ce genre à des recherches

du tube pour diminuer l'amplitude de ces oscillations, on a diminué la sensibilité de l'instrument et rendu sa tare variable avec la vitesse à mesurer: c'est sans doute pour éviter ces inconvénients que les anciens hydrauliciens avaient jugé utile de disposer l'entrée du tube en entonnoir.

M. Bazin a reconnu l'impossibilité de représenter par des formules précises les variations des vitesses obtenues, en exceptant toutefois deux cas particuliers qui vont nous occuper.

1° En ce qui concerne les canaux à section rectangulaire, cet ingénieur, considérant les séries d'expériences dans lesquelles la profondeur du courant n'excédait pas $\frac{1}{5}$ de sa largeur, admet qu'alors l'action des parois latérales sur la partie centrale était assez peu sensible pour que la loi de distribution de vitesses sur la verticale du milieu fût, à très-peu près, la même que dans l'hypothèse où la largeur du courant serait infinie (*), et il donne, pour ce cas, une formule empirique qui, en conservant les no-

aussi délicates que celle des lois de la distribution de vitesses qui sont, comme je l'ai montré, périodiques, il faudrait observer, pour chacune de ces vitesses, le maximum et le minimum des hauteurs des colonnes liquides. Dans l'ouvrage précité, on ne trouve, ni ces hauteurs, ni même les valeurs obtenues des vitesses, mais seulement les rapports de ces valeurs à celle de la vitesse moyenne de chaque courant.

(*) On ne voit pas pourquoi l'influence des parois latérales dépendrait tellement du rapport de la profondeur à la largeur, que cette influence pût être regardée comme nulle à une distance d'un mètre, quand ce rapport n'excède pas $\frac{1}{5}$. L'hypothèse de M. Bazin est d'ailleurs infirmée par les expériences sur le Mississipi, où les vitesses variaient sur toute la largeur de ce grand fleuve, quoique le rapport précité fût inférieur à $\frac{1}{20}$.

tations employées précédemment, peut être écrite comme il suit :

$$v = V - K\sqrt{HI}\ \frac{z^2}{H^2},$$

I étant la pente du canal, et K un coefficient numérique invariable, auquel il attribue la valeur 20,6 d'après les résultats de huit séries d'expériences. V n'est pas précisément la vitesse *maxima*, mais une vitesse mesurée, suivant l'expression de l'auteur «...en un point aussi rapproché que possible de la surface...» C'est sans doute l'état de perturbation des couches liquides supérieures qui a empêché l'auteur de donner les vitesses superficielles dans ses tableaux, lesquels ne contiennent pas d'ailleurs les éléments nécessaires pour la déterminaison de la position du maximum de vitesse.

La possibilité qui s'est produite, dans les conditions dont il s'agit, de représenter par une formule les données obtenues à partir d'une hauteur de 0 m. 03 environ en dessous de la surface de courants dont la profondeur totale n'a pas atteint 0 m. 40, peut s'expliquer sans avoir recours à l'hypothèse de l'auteur de cette formule, en remarquant que l'influence perturbatrice des orifices d'amont était alors très-faible et ne devait affecter que les couches liquides supérieures, le seuil de ces orifices ayant été établi à 0 m. 40 au-dessus du fond du canal. Relativement au coefficient K, le tableau de ses valeurs donné par M. Bazin présente entre elles de notables écarts, qui paraissent principalement dus aux différences de l'état des parois ; ainsi, dans cinq des huit séries considérées, ces parois étaient recouvertes de litaux dont l'espacement a varié de $0^m,01$ à $0^m,05$.

Cette disposition ne correspondant, ni à aucun état physique naturel, ni à aucune des circonstances qui peuvent se rencontrer dans la pratique, nous ne considérerons que le cas ordinaire des parois des canaux ; or, sur les trois séries relatives à ce cas, il s'en trouve une très régulière pour laquelle la pente 0,0049 du courant était égale à celle du fond du canal ; les données expérimentales de cette série sont :

$$z = 0^{m}030 - 0.107 - 0,163 - 0,219,$$
$$v = 3^{m}013 - 2,886 - 2,726 - 2,489.$$

La profondeur du courant était $0^{m}269$.

Cette série peut être représentée par la relation

$$v = 3^{m}023 - 11,185, z^{2}.$$

2° Le second des cas particuliers pour lesquels M. Bazin a donné une formule de distribution des vitesses, est celui d'un canal à section demi-circulaire, cette formule est

$$v = V - K\sqrt{RI}\left(\frac{r}{R}\right)^{3}$$

R désignant le rayon du demi-cylindre et r la distance à son axe, des filets liquides dont la vitesse est v. D'après cette formule, les filets équidistants de l'axe du canal auraient une même vitesse, mais le tracé des courbes d'égale vitesse donné par l'auteur ne satisfait à cette condition que pour la région voisine de la paroi.

Section III.

Lois de la distribution des vitesses maxima dans les canaux et rivières.

44. — *Définitions.* — Les résultats d'observation montrent que, dans chaque plan parallèle à la surface et mené d'une rive à l'autre, il n'y a qu'une vitesse *maxima*, qui est celle d'un filet intérieur généralement situé au milieu de la largeur de ce plan, ou à une faible distance du milieu, quand le régime est sensiblement uniforme.

J'appliquerai, pour abréger, la dénomination ancienne de *thalweg*, dénomination qu'on avait employée d'une manière vague, à la tranche qui, dans le sens de la profondeur d'un courant, est *le lieu* de ces vitesses maxima. Dans les canaux ordinaires, cette tranche est plane et verticale, et elle divise le courant en deux parties symétriques : dans les rivières, la symétrie peut n'être pas parfaite, et la tranche du thalweg peut n'être pas géométriquement plane, mais les différences sont négligeables par rapport à la largeur totale. Parmi les filets du thalweg, il en est un dont la vitesse est la plus grande de toutes celles du courant, je le nommerai *filet principal*.

45. — *Lois de la distribution des vitesses, depuis le filet principal jusqu'au fond du lit.* — Les observations faites, à diverses époques, par Woltmann, par l'ingénieur Défontaine, et par le colonel d'artillerie Hennocque, au moyen de moulinets, instruments qui étaient alors les meilleurs, puis par moi-même en employant concurremment des appareils perfectionnés, enfin par la savante commission américaine, et, en dernier lieu, une partie de celles de M. Bazin, tendent à prouver qu'en l'absence de

notables causes d'anomalies, la loi qui va nous occuper est parabolique, et représentée d'une manière générale par la fonction

$$r = A - Bz^2 \qquad (1)$$

En outre, aucune considération rationnelle ne tend à infirmer cette relation, et même, au point de vue de la forme générale, elle se trouve d'accord avec diverses théories. Je l'ai donc définitivement adoptée, et il me restait à déterminer les quantités A et B.

A cet effet, j'ai remarqué d'abord que les valeurs numériques de la première étaient toutes un peu supérieures à la vitesse V du filet principal, et j'ai posé

$$A = V + c.$$

Soient, maintenant, mF (figure 5), l'arc de parabole qui représente l'équation (1) m le point de cet arc qui correspond au maximum V des vitesses ; mS le prolongement de la courbe Fm jusqu'au point S où elle rencontre la surface O E du courant ; O E et O G les axes des coordonnées rectangulaires v et z ; Dm = V, et Cm = OD = 0.

Menons en m la tangente mT et la normale mP prolongées jusqu'à leurs intersections T et P avec O E. Le point S est le sommet de la parabole FmS, et la droite O E en est l'axe ; en conséquence, P C est égale à la moitié du paramètre, c'est-à-dire ici à $\frac{1}{2B}$; or, le triangle PmT, rectangle en m, donne

$$Cm^2 = \frac{1}{2B} CT.$$

Cela posé, je ferai remarquer que, le point S corres-

pondant à $z = 0$, $OS = A = V + c$; de sorte que $CS = c$: comme, d'ailleurs, la parabole donne

$$CT = 2\,CS = 2c,$$

on a en définitive

$$B = \frac{c}{\theta^2}, \qquad (b)$$

θ étant la distance verticale du filet principal à la surface.

Je calculerai maintenant les valeurs numériques de la quantité c fournies par les résultats d'expérience précédemment cités.

Ces valeurs numériques étant très-faibles, si l'on employait les différences $A - V$, il suffirait de légères inexactitudes dans les observations pour occasionner ici des erreurs proportionnelles notables; en conséquence, j'ai procédé comme il suit.

Considérant d'abord les deux courants à section rectangulaire de $0^m,206$ et $0^m,348$ de profondeur (40), dont le régime était uniforme, et pour lesquels des instruments d'observation perfectionnés avaient été employés concurremment, nous avons

$$\theta = 0^m\,050 \ldots\ldots\ldots\ 0^m,064,$$
$$B = 4\ 283 \ldots\ldots\ldots\ 2\ 615;$$

j'ai obtenu pour le produit $B\theta^2$, dans le premier cas, la valeur 0,0107, et, dans le second, 0,01072.

Quant aux rivières, d'après les observations effectuées par le colonel Hennocque dans le thalweg d'un bras du Rhin, $B = 0,0652$, et la distance θ était comprise entre $0^m,40$ et $0^m,41$; or, la valeur du produit $B\theta^2$ correspondant à la première de ces deux limites est 0,01043, et

pour la seconde, c'est 0,01096, valeurs dont la moyenne est 0,0107.

La série relative au fleuve du Mississipi (42) effectuée dans le thalweg où la profondeur d'eau était de $32^m,025$, plaçant le maximum de vitesse à une hauteur θ en dessous de la surface, comprise entre $6^m,10$ et $6^m,71$, et donnant $B = 0,00025$, les limites du produit $B\theta^2$ sont 0,0093 et 0,0113, limites entre lesquelles se trouve compris le nombre 0,0107 précédemment obtenu (*).

La coïncidence remarquable qui se manifeste entre des conséquences déduites d'observations faites sur des courants dont les profondeurs varient de 1 à 155, pour lesquels les ordonnées θ varient de 1 à 134, et les valeurs du paramètre des paraboles, de 1 à 10460, indique des similitudes essentielles entre ces courants. La formule générale de la quantité c, que je donnerai plus loin, fera voir quelles sont, outre celle du régime des moyens mouvements de translation (21), ces similitudes.

(*) Les résultats d'observation publiés par M. Bazin ne comprenant, ni les vitesses superficielles, ni celles qui avaient lieu près de la surface des courants, je n'ai pu m'appuyer sur la série citée au n° 43, quoique, dans cette série, la surface liquide fût parallèle au fond du canal, ce qui est une des conditions du régime uniforme, et qu'elle fit partie de celles dans lesquelles l'influence perturbatrice du mode d'alimentation devait être faible ; mais il n'est pas inutile de faire remarquer que cette série vient à l'appui de la conséquence que j'ai tirée des résultats d'observation cités ci-dessus. En effet, si l'on fait $c = 0^m,0107$, on déduit de l'équation 5 du n° 43, et de la relation $A = V + c$, $V = 3^m,023 - 0^m,0107 = 3^m,0124$, valeur qui ne diffère que d'une quantité relativement insignifiante, de la plus grande des vitesses expérimentales de cette série ; en outre, la relation $B\theta^2 = 0,0107$ donne $\theta = 0^m,0309$, ordonnée qui ne diffère que de $\frac{1}{33}$ de celle du point auquel cette vitesse expérimentale est attribuée.

46. — *Loi des vitesses dans la partie supérieure du thalweg.* — La sensibilité que j'avais fait acquérir à mes instruments d'observation m'ayant permis de reconnaître un fait qui jusqu'alors n'avait pas été aperçu, savoir que, du filet principal à la surface, la loi des vitesses se trouve modifiée, j'ai cherché à exprimer cette modification. Pour la région dont il s'agit, région dont la profondeur n'est que de $\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{6}$ de celle du courant, les résultats d'expérience sur lesquels on peut s'appuyer sont très-peu nombreux, mais ils appartiennent à deux cas aussi distants entre eux que possible, c'est-à-dire, d'une part, un petit canal à faible ou médiocre vitesse, et, d'autre part, un fleuve immense et rapide.

Remarquant que l'influence de la résistance des parois solides doit s'exercer, sur la profondeur tout entière du thalweg, suivant la même loi, et désignant par v_s les vitesses des filets de la région supérieure, v celles que ces filets auraient si la relation obtenue pour la région inférieure s'étendait jusqu'à la surface, j'ai cherché la loi des différences $v - v_s$. Considérant d'abord, dans les résultats de mes expériences (40) ceux qui concernent le courant de $0^m,206$ de profondeur, j'avais cinq valeurs exactes de v_s, savoir :

$v_s = 0^m\,591 - 0,600 - 0,606 - 0,611 - 0,615$

$z = 0^m\,000 - 0,014 - 0,024 - 0,034 - 0,044$

En prolongeant jusqu'à $z = 0$ l'application de la formule

$$(2) \qquad v = V - c\frac{z^2}{0^2} + c$$

démontrée précédemment pour la région inférieure, j'ai reconnu que les différences $v - v_s$ étaient proportionnelles aux distances $0 - z$ des filets considérés au filet

principal, de sorte que la relation auxiliaire cherchée est ici

$$(3) \qquad v - v_s = N(0 - z).$$

Cela posé, soit V' la vitesse superficielle ; pour $z = 0$ cette relation doit donner $v_s = V'$; d'un autre côté, l'équation (2) donne $v = V + c$, de sorte que,

$$N = \frac{V - V' + c}{0}.$$

Il en résulte, pour exprimer la loi des vitesses de la région supérieure, la formule

$$(4) \qquad v_s = V' - c\,\frac{z^2}{0^2} + (V - V' + c)\,\frac{z}{0}.$$

Cette relation se trouve confirmée par la série de résultats concernant le fleuve Mississipi, série pour laquelle on a

$$V' = 1^m,372,\ V = 1^m,458,\ \text{d'où}\ V - V' + c = 0^m,0967,$$

en effet, si l'on prend en outre, d'après ce qui a été dit précédemment, $0 = 6^m,543$, on obtient :

Vitesses expérimentales...	$1^m,372 - 1^m,388 - 1^m,403 - 1^m,452,$
— calculées.....	$1^m,372 - 1^m,385 - 1^m,400 - 1^m,446,$
z.....	$0^m,000 - 0^m,915 - 1^m,830 - 3^m,490.$

Celle des vitesses calculées, qui s'écarte le plus de la vitesse expérimentale correspondante, n'en diffère que de $\frac{1}{242}$.

Pour comparer entre elles les deux lois de décroisse-

ment qui ont lieu de part et d'autre du filet principal, je désignerai par y la distance verticale à celui-ci, d'un filet quelconque, et je ferai $z = y + o$ dans la formule (2), $z = o - y$ dans la relation (4) : après cette substitution, on peut écrire ces deux formules comme il suit :

$$(5) \qquad V - v = c\,\frac{y^2}{o^2} + 2c\,\frac{y}{o}$$

$$(6) \qquad V - v_s = c\,\frac{y^2}{o^2} + 2c\,\frac{y}{o} - (V' + 3c - V)\,\frac{y}{o}.$$

En conséquence, à des distances égales du filet principal, les vitesses ne diffèrent entre elles, dans les deux régions séparées par ce filet, que de la quantité

$$(V' + 3c - V)\,\frac{y}{o},$$

et, comme les deux valeurs extrêmes de cette quantité sont 0,00 et $V' + 3c - V$, on voit que les différences sont très-faibles ; on comprend donc qu'elles aient échappé aux observateurs qui m'ont précédé, et qui employaient des instruments moins sensibles que ceux au moyen desquels j'ai opéré.

47. — *Position relative du filet principal.* — Désignons par

H la profondeur totale du courant (*) dans le thalweg,

w la vitesse de fond,

(*) En toute rigueur, H ne devrait être prise que jusqu'à la *zône troublée* (21) du fond ; mais, sauf de rares exceptions, la profondeur, au thalweg des cours d'eau, est suffisante pour que l'épaisseur toujours faible, de cette zône, soit relativement négligeable. Pour mesurer H dans le cas des petites profondeurs, on emploiera une tige métallique terminée par un disque qui s'appuiera sur les aspérités du fond.

En faisant $z = H$ dans l'équation (2), nous avons

$$w = V - c\frac{H^2}{\theta^2} + c,$$

d'où nous déduisons

$$\frac{\theta}{H} = \sqrt{\frac{c}{V - w + c}}, \tag{7}$$

et, dans les cas où $c = 0{,}0107$,

$$\frac{\theta}{H} = \frac{1}{\sqrt{93{,}46\,(V - w) + 1}}.$$

48. *Lois des vitesses en fonction de la profondeur des courants.* En substituant, dans les équations (2) et (4), l'expression de θ déduite de la formule (7), nous avons

$$v = V + c - (V - w + c)\frac{z^2}{H^2},$$

et, pour la région supérieure du thalweg

$$v_s = V' - (V - w + c)\frac{z^2}{H^2} + \sqrt{\frac{V - w}{c} + 1}\;(V - V' + c)\frac{z}{H}$$

49. *Expression générale de la quantité c.* — Soient

λ la distance verticale du filet principal à la ligne qui contient les centres de gravité des sections transversales du courant,

$\frac{1}{p}$ H la distance de cette ligne à la surface liquide supérieure,

$$\lambda = \frac{H}{p} - \theta$$

et, en substituant l'expression de o donnée par la relation (7),

$$\lambda = \left(\frac{1}{p} - \sqrt{\frac{c}{V - w + c}} \right) H,$$

équation d'où nous déduisons

$$(8) \qquad c = \frac{\left(\frac{1}{p} - \frac{\lambda}{H} \right)^2}{1 - \left(\frac{1}{p} - \frac{\lambda}{H} \right)^2} (V - w).$$

Quoiqu'une vérification de cette formule ne soit pas nécessaire, je vais l'appliquer à mes deux courants de l'année 1845, courants à section rectangulaire (39) pour lesquels on connaît la position de la ligne des centres de gravité, c'est-à-dire $\frac{1}{p} = \frac{1}{2}$.

Pour le premier, nous avons $H = 0^m,206$, $o = 0^m,050$, $\lambda = 0^m,053$, $\frac{\lambda}{H} = 0,2573$, $V = 0^m,616$. De plus, en faisant $z = 0^m,206$ dans l'équation

$$v = 0^m,627 - 4,283\, z^2,$$

nous en déduisons, pour la vitesse du fond, $w = 0^m,4454$, d'où, pour décroissement total des vitesses depuis le filet principal jusqu'au sommet des aspérités du fond, $V - w = 0^m,1706$. En mettant ces valeurs numériques dans la formule (8), nous obtenons $c = 0,01068$; or, nous avions obtenu directement 0,01070, de sorte que la différence n'est que 0,00002.

Pour le second courant, $H = 0^m,348$, $o = 0^m,064$,

$\lambda = 0^m,110$, $\frac{\lambda}{H} = 0,316$, $V = 0^m,871$; en faisant $z = 0^m,348$ dans l'équation

$$v = 0^m,879 - 2,615\, z^2,$$

On obtient $w = 0^m5624$, d'où $V - w = 0^m,3086$, et, pour ces valeurs, la formule (8) donne $c = 0,0108$ qui ne diffère du nombre 0,01072 obtenu directement, que de 0,00008. Des différences aussi faibles que celle-ci et la précédente, différences qui sont d'ailleurs, l'une en plus, l'autre en moins, peuvent provenir de la détermination graphique de V, détermination dont on ne peut répondre qu'à une fraction de millimètre près, attendu qu'elle résulte, pour chaque courant, du tracé par points de deux courbes dont les équations ne sont pas rigoureusement les mêmes.

50. *Application de la considération des déplacements transversaux.* — On peut se rendre compte de l'influence, sur la relation entre les vitesses, des positions relatives du filet principal et de la ligne des centres de gravité des sections liquides, en considérant ce qui a été dit, aux numéros 3 et 16, au sujet de la communication latérale intérieure du mouvement, et des *déplacements transversaux*. En effet, les actions internes qui font dévier les molécules liquides vers le filet principal, ont des composantes verticales, et si, par ce filet, on fait passer un plan parallèle à la surface du courant, il est évident que, pour les molécules situées au-dessus de ce plan, les composantes précitées agissent dans le même sens que la pesanteur, tandis qu'au-dessous de lui, elles agissent en sens contraire ; or, la proportion entre les quantités de la matière fluide qui descend et de celle qui est soulevée, dépend, non-seule-

ment, de la position relative du filet principal dans le thalweg, mais en outre, des dimensions et de la figure des sections transversales, éléments qui sont ceux de la position de leur centre de gravité.

La considération des déplacements transversaux contribue encore à faire comprendre pourquoi la loi des vitesses n'est pas exactement la même au-dessus et au-dessous du filet principal, car dans la région inférieure, ces déplacements consomment une certaine fraction du travail moteur de la gravité. A cette cause, il faut d'ailleurs joindre l'absence d'une paroi solide à la surface supérieure des courants.

51. — *Considérations théoriques concernant les positions relatives du maximum de vitesse, soit dans le thalweg, soit dans les autres tranches longitudinales.* — Soient GBB'G' (figure 6), une section transversale faite dans un courant découvert à régime uniforme ; PQ la projection d'un plan vertical divisant cette section en deux parties sensiblement symétriques, plan que nous pouvons regarder comme désignant la position du thalweg ; *ab* la trace d'un plan parallèle à celui-ci, mené à une distance quelconque *a*P : concevons une tranche liquide longitudinale projetée en *ab ne*, dont l'épaisseur soit égale à la distance intermoléculaire moyenne horizontale ρ_1, et que l'on peut regarder comme composée de filets superposés ayant chacun pour hauteur la distance intermoléculaire moyenne verticale ρ ; enfin, considérons l'un *f* de ces filets, situé à une distance *y* du fond BB' du lit. Les résistances au mouvement relatif de ce filet, et l'entretien de ses forces vives latentes, consomment une quantité de travail moteur qui dépend nécessairement de ses vitesses relatives par rapport aux filets voisins, tant dans le sens de la largeur du courant que dans celui de la profondeur :

soient, sur l'unité de longueur et dans l'unité de temps,

$\mathfrak{C}_1$ le travail dépensé parallèlement à la profondeur,

$\mathfrak{C}_2$ celui qui est dépensé parallèlement à la largeur,

v la vitesse de translation du filet f,

i la perte de chute du courant,

δ le poids de l'unité de volume du liquide.

La quantité de travail moteur de la gravité étant $\delta \rho_1 \rho v i$, nous avons

$$\delta \rho_1 \rho v i = \mathfrak{C}_1 + \mathfrak{C}_2. \tag{1}$$

D'après ce qui a été dit dans le chapitre premier, les vitesses des molécules qui cheminent sur le fond BB′ du canal sont sensiblement égales entre elles à partir de deux bandes étroites BD, B′D′ dans lesquelles elles sont un peu plus faibles : or, à mesure qu'une horizontale de la section est plus éloignée du fond, les vitesses sur cette ligne diffèrent de plus en plus entre elles, de sorte que $\mathfrak{C}_2$ augmente avec y : quant à $\mathfrak{C}_1$, il est évident que sa plus grande valeur a lieu pour le filet inférieur nb qui rencontre les aspérités du fond, et que ce travail décroît à mesure que y augmente.

Cela posé, en différentiant l'équation (1), nous avons, depuis le fond du canal jusqu'à la valeur de y qui correspond au maximum de vitesse dans la tranche considérée $ab\,ne$,

$$\frac{dy}{dv} = \frac{1}{\delta \rho_1 \rho i}\left(\frac{d\mathfrak{C}_2}{dy} - \frac{d\mathfrak{C}_1}{dy}\right),$$

et, par conséquent, ce maximum a lieu à une distance du fond pour laquelle

$$\frac{d\mathfrak{C}_1}{dy} = \frac{d\mathfrak{C}_2}{dy}, \tag{2}$$

Considérant particulièrement d'abord le cas des courants à profondeur constante, c'est-à-dire à section rectangulaire ABB'A', nous remarquerons qu'il résulte de l'égalité des vitesses des molécules liquides glissant sur une paroi latérale B A, que le travail latent correspondant est sensiblement constant, ou que $\frac{d\mathfrak{C}_2}{dy} = 0$ pour ces molécules; ce rapport augmente donc à mesure que la tranche liquide considérée est plus éloignée de la paroi jusqu'au thalweg P Q. Soit par exemple, m la position du maximum relatif de vitesse sur une verticale quelconque ab, et menons l'horizontale $m\,m'$ qui coupe en m' l'une, $a'\,b'$, des verticales suivantes; en ce dernier point, la valeur de $\frac{d\mathfrak{C}_2}{dy}$ est plus grande qu'en m.

D'un autre côté, comme, à égalité de la distance y, les vitesses, sur chaque verticale, diffèrent d'autant plus entre elles qu'elles sont plus éloignées de la paroi latérale, jusqu'au thalweg, le travail $\mathfrak{C}_1$ est moins petit en m' qu'en m. Remarquant en outre que, sur le fond du lit, ce travail a la même valeur en b qu'en b' nous voyons qu'il décroit moins rapidement de b' en m' que de b en m, c'est-à dire que la valeur de $\frac{d\mathfrak{C}_1}{dy}$ est plus faible en m' qu'en m : or, nous venons de montrer que celle de $\frac{d\mathfrak{C}_2}{dy}$ est plus grande pour le filet correspondant au premier point que pour celui qui correspond au second; donc, la différence

$$\frac{d\mathfrak{C}_2}{dy} - \frac{d\mathfrak{C}_1}{dy}$$

qui est nulle en m, augmente de m en m', et le maxi-

mum de vitesse sur $a'\ b'$ est, non pas au point m', mais en un point pour lequel $\frac{d\mathcal{T}_1}{dy}$ a une plus grande valeur absolue qu'en m : on reconnaît facilement, d'ailleurs, que c'est au-dessus de l'horizontale $m\ m'$, en observant qu'à partir du fond, où $d\mathcal{T}_1$ et, par conséquent, $\frac{d\mathcal{T}_1}{dy}$ est nul, ce rapport doit augmenter avec y.

Considérons maintenant les cas où les parois latérales sont des talus; par le point f, menons l'horizontale f FK qui rencontre l'un, B G de ces talus en K, et la verticale B A en F : la distance f K à la paroi se trouvant plus grande que dans le cas précédent où elle était f F, la valeur de $\frac{d\mathcal{T}_2}{dy}$ sera, toutes choses étant égales d'ailleurs, plus grande elle-même; remarquant en outre que l'inclinaison de la paroi ne peut modifier ce qui a lieu sur le fond B B′ ni influer notablement sur la loi de variation du travail $\mathcal{T}_1$ dans la tranche $ab\ ne$, nous voyons que la position du maximum de vitesse dans cette tranche sera un peu plus haut que dans le cas d'une section rectangulaire; il est évident, d'ailleurs, que ce qui vient d'être dit au sujet de l'inégalité des hauteurs du maximum de vitesse dans les diverses tranches successives est applicable ici.

Nous avons fait abstraction de la résistance de l'air au mouvement de la surface libre des courants, mais il est facile de voir quelle en sera l'influence. Dans mes expériences de l'année 1845 sur les effets des vents d'amont, le maximum de vitesse se trouvait d'autant plus élevé au-dessus du point où il était situé en temps calme, que ces vents étaient plus rapides, et douze ans après, les ingénieurs des Etats-Unis ont reconnu, dans les investigations citées au n° 42, que les vents soufflant d'aval abais-

saient le maximum de vitesse, d'une hauteur proportionnelle à leur rapidité : or, ces résultats concordants ne laissent aucune incertitude sur l'influence de la vitesse relative du fluide atmosphérique et du liquide ; en temps calme, la résistance de l'air abaisse un peu la position du maximum de vitesse, et d'autant plus que la tranche considérée est plus rapprochée du thalweg.

Théorème. — Il résulte de ces diverses considérations qu'en général :

1° *Dans chaque tranche verticale parallèle au mouvement de translation d'un courant découvert, la distance du maximum de vitesse au fond du lit, est d'autant plus grande que cette tranche est plus rapprochée de celle du thalweg.*

2° *En temps calme, la résistance de l'air abaisse un peu la position de ce maximum, et, comme les vitesses superficielles croissent d'une rive au thalweg, elle tend à diminuer les différences de la distance précitée.*

Observation. — On conçoit rationnellement que, dans certains cas, la condition (2) puisse, à partir d'une verticale $a'\ b'$ de la section d'un courant, n'être satisfaite pour aucun point de la profondeur, de sorte que la position du maximum de vitesse en dessous de la surface depuis cette verticale jusqu'à sa symétrique $c\ d$, serait uniquement due à la résistance de l'air : c'est sans doute dans des cas analogues que des observateurs opérant avec des instruments volumineux ou peu sensibles, ont cru trouver, dans le thalweg, la position dont il s'agit à la surface même, bien qu'en réalité elle fût un peu au-dessous. Les agitations de l'atmosphère, et la variabilité du régime de certaines rivières, sont aussi des causes d'erreur dont la plupart des observateurs ne se sont pas préoccupés.

52. *Résultats d'observation concernant la distribution*

des vitesses dans le sens de la largeur. — J'ai effectué en 1845, dans mes canaux à section rectangulaire, deux séries d'expériences, d'une rive à l'autre; pour l'une, j'ai employé de petits pains à cacheter posés à la surface, et, pour l'autre, un moulinet très-léger, de faible diamètre, dont l'axe était à une profondeur de 0^m05. Toutes deux m'ont conduit à la relation

$$v = V_1 - E\,x^2, \tag{9}$$

dans laquelle je désigne par
v la vitesse d'un filet cheminant à la distance horizontale x du thalweg; V_1 la vitesse de celui qui est à l'intersection de cette tranche et du plan, transversalement horizontal, que l'on considère.

La largeur des courants était de 0^m680 ; la profondeur H du premier était 0^m190 ; on avait $V_1 = 0^m528$,
et j'ai obtenu $E = 2{,}192$.

Pour le second, $H = 0^m348$, $V_1 = 0^m809$ et $E = 2{,}267$ à $\frac{1}{7}$ de la profondeur.

Les quatre observations de l'ingénieur Défontaine, faites à la surface et correspondant à une portion de la largeur d'un bras du Rhin où la hauteur d'eau était sensiblement constante, satisfont approximativement à la relation

$$v = 1^m{,}266 - 0{,}00109\,x^2.$$

La largeur superficielle du courant était de trente mètres. Le colonel Hennocque a pris à la surface d'un autre bras du même fleuve où la largeur était de 77 mètres, neuf mesures de vitesses : le talus de la rive droite n'était qu'à 3 de hauteur sur 4 de base, et n'occupait qu'une largeur de 2^m00, tandis que celui de la rive opposée avait

une pente de $\frac{1}{6}$ environ et occupait une largeur de 10^m00

Les profondeurs variant peu depuis le pied du premier talus jusqu'au thalweg qui était à 42^m00 mètres environ de la rive droite, j'ai considéré cette partie, et j'ai constaté que la loi des vitesses y était encore parabolique, mais qu'il fallait, pour l'exprimer, un terme de plus, en x ; ainsi, j'ai obtenu la relation (*)

$$v = 0^m,667 - 0,00025\,x^2 - 0,0051\,x,$$

0^m667 étant la vitesse au thalweg. Pour le fleuve Mississipi, j'ai fait des remarques analogues sur les observations effectuées par M. Fillebrown (**). Dans une section où la largeur superficielle du courant était de 2200 pieds, on a obtenu, à une profondeur constante de 5 pieds, les vitesses comprises dans le tableau suivant :

DISTANCES à l'une des rives du fleuve.	VITESSES observées.	DISTANCES à l'une des rives du fleuve.	VITESSES observées.
Pieds.	Pieds.	Pieds.	Pieds.
300	4,55*	1100	7,41*
	4,55		7,41*
500	5,41	1300	6,90*
	5,56		6,45
Moyenne.	5,49*	1500	5,88*
700	7,14		5,88*
	6,45*	1700	5,00*
900	7,69		4,76
	7,14*	1900	3,39
			3,70*

(*) Voir mon *Traité de la mesure des eaux courantes*, page 319.

(**) Voir le savant Rapport de MM. Humphreys et Abbot, précédemment cité.

Les deux vitesses inscrites pour chaque distance correspondent à un même état du régime du fleuve, de sorte qu'elles ont pu contribuer simultanément à la détermination du lieu géométrique représentant la loi de distribution : le tracé a fait reconnaître celles de ces vitesses dont l'exactitude est la plus probable, vitesses qui sont désignées par une astérisque dans le tableau précédent. Sur la seconde moitié de la largeur, c'est-à-dire à partir de la distance de 1100 pieds, la profondeur d'eau était peu variable, et j'ai constaté que la courbe des vitesses était un arc de parabole. Le thalweg se trouvait au milieu de la largeur. En traduisant les mesures en mètres (*), on peut représenter la loi de distribution par l'équation

$$v = 2^{m},26 - 0,0000081\ x^2 - 0,00285\ x.$$

Il y a lieu de conclure des résultats qui viennent d'être cités que, dans la partie des courants où les inégalités de profondeur sont, ou nulles, ou faibles par rapport à la profondeur totale, la loi de distribution des vitesses des filets situés à une même distance de la surface liquide est représentée par un arc de parabole. Lorsque la profondeur d'eau est constante sur toute la largeur du courant, comme dans le cas des canaux à section rectangulaire, la loi se réduit à celle qui est exprimée par l'équation (9); cela posé, soient :

w la vitesse des molécules liquides en contact avec les parois latérales,

$2\,l$ la largeur du courant dans le cas dont il s'agit,

on a

$$E = \frac{V_1 - w}{l^2},$$

(*) La longueur du pied était, en mètres, $0^{m},305$.

d'où, pour la loi de distribution,

$$(10) \qquad v = V_1 - (V_1 - w)\,\frac{x^2}{l^2}.$$

SECTION IV

Loi de la distribution des vitesses dans les tuyaux de conduite.

53. — *Recherches expérimentales.* — Les résultats d'observation que l'on possède au sujet de la loi des vitesses dans les tuyaux de conduite ordinairement employés, notamment pour les distributions d'eau, sont dus à M. l'ingénieur des Ponts-et-Chaussées Darcy ; ils ont été obtenus dans l'établissement de Chaillot où les dispositifs d'expérimentation avaient été installés en 1849. Les tuyaux, à section circulaire, étaient en fonte ; ils avaient intérieurement les diamètres suivants

$0^m,1880 — 0^m,2432 — 0^m,2447 — 0^m,297 — 0^m,500.$

Les diamètres de 0 m. 2432 et 0 m. 2447 se rapportent à une même conduite, dont la paroi intérieure était d'abord recouverte d'un mince dépôt, puis a été nettoyée (*).

Les vitesses du liquide ont été mesurées à cent mètres environ de l'origine de ces tuyaux, et à 6 m. 00 de leur extrémité d'aval qui débouchait dans un grand cylindre vertical. L'instrument d'observation était un tube rectiligne en cuivre introduit dans le tuyau qu'il traversait sui-

(*) Voir l'ouvrage intitulé *Recherches expérimentales relatives au mouvement de l'eau dans les tuyaux* par M. Darcy (Paris 1857).

vant un diamètre vertical en passant par deux boîtes à étoupes. Sur la partie de ce tube qui demeurait à l'intérieur de la conduite, était soudé à angle droit un petit ajutage présentant au courant un orifice d'un à deux millimètres que l'on amenait, en faisant glisser le tube dans ses guides, à la hauteur où l'on voulait observer la vitesse. A l'extrémité supérieure du même tube, on avait ajusté un tuyau en plomb terminé par un tube vertical en verre qui était fixé à un support gradué ; la hauteur de la colonne liquide a été comparée à celle à laquelle l'eau s'élevait dans un piézomètre voisin, inséré extérieurement dans la paroi de la conduite, et l'excès h de la première sur la seconde a d'abord été regardé comme représentant la hauteur due à la vitesse cherchée v qui a été calculée, en conséquence, au moyen de la formule $v = \sqrt{2gh}$.

M. Darcy a représenté les résultats de ce calcul par la relation

$$V - v = K \frac{\sqrt{i}}{R} r^{\frac{3}{2}}, \qquad (b)$$

dans laquelle il désigne par

R le rayon intérieur du tuyau,

v la vitesse des filets liquides dont la distance à l'axe est r,

V celle qui a lieu suivant l'axe,

i la pente, ou plutôt la perte de chute par mètre de longueur, mesurée par la dénivellation moyenne d'une suite de colonnes piézométriques,

K un coefficient numérique.

De cette relation, M. Darcy a déduit analytiquement que les vitesses égales à la vitesse moyenne U du courant avaient lieu à une distance de l'axe égale à 0,689 R, et il

en a tiré les valeurs de v correspondantes à cette distance dans les différentes séries d'expériences : ces valeurs ont été ensuite comparées à celles de U obtenues au moyen d'un jaugeage direct consistant à recueillir et à mesurer, dans un grand bassin exactement taré, le volume liquide écoulé dans un temps que l'on observait avec précision; de cette comparaison, on a déduit une table des coefficients de correction de la quantité $\sqrt{2gh}$, puis on a calculé des valeurs rectifiées de v qui ont été jugées suffisamment exactes. Enfin, sur ces dernières, M. Darcy a basé le calcul numérique du facteur K en employant la méthode dite des moindres carrés, facteur pour lequel il a adopté le nombre 11,30. Les coefficients de correction précités sont variables, mais on en a appliqué séparément les diverses valeurs, obtenues pour chaque grandeur de U et pour chaque tuyau.

54. — *Remarques sur les résultats précédents.* — Les valeurs corrigées de v peuvent être regardées comme suffisamment approximatives, attendu que la vitesse égale à U se trouve, comme on le verra plus loin, à une distance invariable de l'axe des tuyaux, distance qui ne diffère pas sensiblement de celle que M. Darcy avait calculée; mais elles sont insuffisantes pour la détermination purement empirique d'une loi qui était entièrement inconnue, car elles n'ont été obtenues que dans l'axe des courants, au tiers et aux deux tiers environ du rayon, laissant sans observations la région où la vitesse du fluide varie le plus par suite de la proximité des parois. Aussi, un savant ingénieur M. Lévy, a-t-il pu déduire des mêmes résultats numériques (*), la formule

$$V^2 - r^2 = 2640\, i\, r^{\frac{3}{2}}$$

(*) Voir l'ouvrage intitulé *Thèses présentées à la Faculté des*

formule qui reproduit ces résultats avec une approximation équivalente à celle de la relation proposée par M. Darcy, quoiqu'elle en diffère beaucoup.

55. — *Nouvelles déterminations.* — L'importance, au point de vue théorique, de la loi de la distribution des vitesses dans les tuyaux de conduite, m'a engagé à faire de nouvelles recherches pour lever l'incertitude qui existait, comme on vient de le voir, au sujet de cette loi.

Pour ne m'appuyer que sur des résultats présentant la plus grande probabilité d'exactitude, j'ai considéré les vitesses moyennes U qui, fournies par un jaugeage direct exécuté avec soin sur de grands volumes liquides, ne peuvent être l'objet d'aucun doute, et les vitesses *maxima* V prises sur les courbes de vitesses tracées par M. Darcy, courbes pour chacune desquelles les résultats d'observation fournissaient deux points au-dessus de l'axe, deux en dessous aux mêmes distances de cette ligne, et un sur elle, ce qui constituait cinq points ; on savait en outre que la tangente correspondante à V était normale à l'axe, et que les deux arcs de la courbe devaient être symétriques entre eux. La comparaison des valeurs de U et de V m'a fait reconnaître que le rapport

$$\frac{V - U}{\sqrt{i}}$$

est constant pour un même tuyau.

Le tableau suivant contient les données expérimentales et les résultats de mes calculs :

sciences de Paris, par M. Maurice Lévy, ingénieur des Ponts-et Chaussées (Paris 1867).

i	U	V	$\frac{V-U}{\sqrt{i}}$
Diamètre de 0m,188. — Tuyau neuf.			
0m,00368	0m,758	0m,878	1,977
0 ,00805	1 ,128	1 ,305	1,973
0 ,01340	1 ,488	1 ,716	1,967*
0 ,02250	1 ,933	2 ,229	1,973
0 ,03810	2 ,506	2 ,891	1,973
0 ,10980	4 ,323	4 ,976	1,971
		Moyenne.....	1,973
Diamètre de 0m,500. — Tuyau neuf.			
0m,00060	0m,475	0m,568	3,789
0 ,00125	0 ,795	0 ,929	3,789
0 ,00260	1 ,120	1 ,313	3,789
Diamètre de 0m,297. — Tuyau nettoyé.			
0m,00070	0m,355	0m,417	2,343*
0 ,00617	1 ,236	1 ,421	2,355
0 ,01125	1 ,665	1 ,915	2,356
0 ,02251	2 ,365	2 ,718	2,353
	Moyenne des trois derniers.....		2,355
Diamètre de 0m,2447. — Tuyau nettoyé.			
0m,00165	0m,537	0m,630	2,290*
0 ,00498	0 ,949	1 ,102	2,168
0 ,02035	1 ,904	2 ,214	2,173
0 ,11343	4 ,497	5 ,230	2,178
	Moyenne des trois derniers.....		2,173

Les trois valeurs désignées par une astérisque sont des anomalies d'autant plus évidentes, pour les deux dernières, que l'une est plus faible et l'autre plus grande que celles de la série à laquelle elles appartiennent respectivement ; ces anomalies sont probablement dues aux valeurs de i que l'on mesurait sur des colonnes piézométriques continuellement oscillantes.

Le dépôt qui existait au commencement des expériences sur la paroi intérieure du tuyau de $0^m,2447$, en diminuait à peine le rayon d'un millimètre, mais il en augmentait la rugosité, effet ordinaire des dépôts; or, voici les données et les résultats correspondants :

U	−0,452	−0,707	−1,547	−1,833	−3,833
V	−0,557	−0,867	−1,899	−2,249	−4,702
i	−0,00202	−0,00473	−0,0229	−0,0320	−0,1398
$\frac{V-U}{\sqrt{i}}$	−2,315	−2,325	−2,325	−2,323	−2,323

La moyenne 2,324 des valeurs du rapport qui nous occupe est plus élevée que celle qui correspond au même tuyau nettoyé.

56. — *Première propriété.* — En conséquence de ces divers résultats, nous pouvons énoncer la propriété suivante des courants qui remplissent les tuyaux de conduite :

La différence entre la vitesse effective du filet principal et la vitesse moyenne du courant, est proportionnelle à la racine carrée de la perte de chute sur l'unité de longueur, dans un rapport qui augmente avec le rayon et la rugosité de la paroi des tuyaux.

57. — *Forme de la fonction qui exprime la loi des vitesses.* — Les courbes d'égale vitesse sont des circonfé-

rences concentriques entre elles et à la paroi ; en les prenant pour directrices de zônes liquides d'une épaisseur égale à celle des molécules augmentée de la distance intermoléculaire, zônes que je nommerai *nappes*, on peut regarder un courant comme composé de nappes dont chacune contient toutes les molécules animées d'une même vitesse de translation. Or, par suite de la continuité du décroissement des vitesses depuis l'axe jusqu'à la paroi, il y a nécessairement une nappe dont la vitesse effective est égale à la vitesse moyenne U du courant ; cela posé, soient

y le rayon d'une nappe quelconque dont la vitesse est v,

r celui de la nappe dont la vitesse est égale à U,

γ la valeur du rapport $\frac{V - U}{\sqrt{i}}$.

La relation qui exprime la loi des vitesses doit être telle, qu'en y faisant $y = r$, on ait $v = U$; sa forme est donc

$$V - v = \gamma \sqrt{i}\, f\left(\frac{y}{r}\right),$$

le dernier facteur étant une fonction de $\frac{y}{r}$, qui devient nulle pour $y = o$, et qui se réduit à l'unité pour $y = r$: or, ces deux conditions conduisent à

$$f\left(\frac{y}{r}\right) = \left(\frac{y}{r}\right)^n + C\left\{\left(\frac{y}{r}\right)^p - \left(\frac{y}{r}\right)^q\right\} + \ldots\ldots,$$

ou à

$$f\left(\frac{y}{r}\right) = \left(\frac{y}{r}\right)^n,$$

et, si l'on observe que y est plus petit que r dans une partie de la section transversale du courant, tandis que le contraire a lieu dans l'autre partie, on voit que la première de ces expressions n'est pas admissible. Nous sommes donc maintenant assurés que la relation entre les vitesses et les rayons des nappes liquides est, en désignant par n un exposant à déterminer,

$$(1) \qquad v = V - \frac{\gamma}{\gamma^n} \sqrt{i.}\ y^n,$$

au moins pour les cas analogues à ceux de la pratique, où les diamètres des tuyaux ne sont pas très-faibles. Ce qui a été dit précédemment (21 et 22), au sujet de la *zône troublée*, doit faire prévoir quelque modification pour le cas des très-petits calibres, modification que j'indiquerai plus loin.

58. — *Expression générale de la vitesse moyenne.* — Soient

R le rayon des tuyaux,

π le rapport de la circonférence au diamètre.

Le volume liquide qui s'écoule dans l'unité de temps est $\pi R^2 U$; d'un autre côté, l'aire de la section transversale d'une nappe de rayon y étant $2\pi\, y dy$, le volume élémentaire qui passe dans le même temps par cette section est $2\pi\, y dy.\ v$, de sorte que nous avons,

$$U = \frac{2}{R^2} \int_0^R vy\ dy;$$

Or, en substituant à v son expression en y donnée par

l'équation (1), puis effectuant l'intégration entre les limites o et R, nous obtenons

$$U = V - \frac{2}{n+2}(V - w), \tag{2}$$

w désignant la vitesse de la nappe liquide en contact avec la paroi, nappe pour laquelle on peut, ici, faire $y = R$.

Remarquant que $V - w$ est la somme des vitesses relatives des nappes du courant, y compris celle qui se réduit, par un décroissement continu, au filet principal, nous voyons que :

La vitesse moyenne d'un courant liquide remplissant un tuyau de conduite ordinaire est égale à la différence entre la vitesse effective du filet principal, et une quantité proportionnelle, dans un rapport invariable, à la somme des vitesses relatives des nappes.

59. — *Troisième propriété.* — Il résulte de l'expression (2) et de la première propriété, que

$$\gamma\sqrt{i} = \frac{2}{n+2}(V - w).$$

Soient : g, pour la latitude et l'altitude où se trouvent les conduites, le nombre qui exprime la vitesse imprimée dans l'unité de temps par la gravité agissant seule,

A le quotient de $8g$ par $(n+2)^2$, c'est-à-dire un nombre entièrement constant dans le lieu où l'on se trouve, nous avons

$$i = \frac{A}{\gamma^2}\,\frac{(V - w)^2}{2g}. \tag{3}$$

En conséquence, dans les tuyaux de conduite à régime uniforme,

La perte de chute sur l'unité de longueur du courant est proportionnelle à la hauteur due à la somme des vitesses relatives des nappes, dans un rapport qui ne varie qu'avec le rayon et la rugosité de la paroi.

La perte de chute augmentant nécessairement, toutes choses étant égales d'ailleurs, avec la rugosité de la paroi, on voit que le décroissement total $V - w$ des vitesses augmente plus rapidement que la quantité γ.

60. — *Quatrième propriété.* — En faisant, dans l'équation (1), $r = w$ et $y = R$, puis comparant la valeur de i qui en résulte à celle qui est donnée par l'expression (3), on déduit

$$\frac{r}{R} = \sqrt[n]{\frac{2}{n+2}}, \tag{4}$$

c'est-à-dire que :

Le rayon de la nappe dont la vitesse de translation est égale à la vitesse moyenne du courant, est proportionnel dans un rapport invariable, au rayon du tuyau.

61. — *Loi des vitesses.* — En portant dans l'équation (1) la valeur de r^n tirée de la relation (4), nous obtenons, pour l'expression de la loi des vitesses dans les tuyaux de conduite,

$$v = V - \left(\frac{n}{2} + 1\right) \gamma \sqrt{i} \left(\frac{y}{R}\right)^n. \tag{5}$$

62. — *Cinquième propriété.* — Il est facile de déduire des relations précédentes, que

$$\frac{V - U}{U - w} = \frac{2}{n};$$

en conséquence si, pour abréger, nous nommons *nappe*

principale, celle dont la vitesse est égale à U, nous voyons que :

Le décroissement des vitesses, depuis l'axe d'un tuyau jusqu'à la nappe principale, est proportionnel, dans un rapport invariable, à celui qui a lieu depuis la même nappe jusqu'à la paroi.

63. — *Expression de la vitesse à la paroi.* — En éliminant V entre la relation (2) et la première du n° 59, on a, pour exprimer la vitesse de la nappe liquide en contact avec la paroi,

$$w = U - \frac{n}{2}\gamma\sqrt{i} \qquad (6)$$

et l'on voit combien est erronée l'hypothèse de la proportionnalité entre w et U, admise en 1809 par Prony, pour établir une relation pratique entre le rayon moyen, la pente et la vitesse moyenne des courants, hypothèse qui se trouve maintenue implicitement dans la formule proposée en 1857 par M. Darcy, pour le cas des tuyaux.

64. — *Détermination rationnelle du degré de l'équation aux vitesses,* — M. Darcy a obtenu, par des calculs purement empiriques, la valeur $\frac{3}{2}$ de l'exposant de sa formule ; mais, pour une détermination de ce genre, les vitesses observées ne pouvaient conduire à la certitude : en effet, par suite de la symétrie de la loi de distribution relativement à l'axe des tuyaux, elles ne fournissaient, pour chaque courant, que deux valeurs de $V - v$ réellement différentes entre elles, et, en outre, elles ne correspondaient qu'aux deux premiers tiers du rayon. Aussi, des doutes se sont-ils élevés à l'égard de cet exposant, d'autant plus que ses conséquences pour les actions mutuelles intérieures sont en désaccord avec une

opinion exprimée en 1822 par Navier (*), opinion qui semblait d'ailleurs confirmée par les résultats d'observation concernant les canaux. Enfin, l'équation aux vitesses donnée par l'éminent ingénieur, n'exprimait pas la véritable influence du rayon des tuyaux, et ne tenait aucun compte de la rugosité des parois. Ces diverses considérations, et surtout celle qui concerne les actions mutuelles intérieures, rendaient nécessaire une détermination de l'exposant n de la formule (5), qui fût entièrement indépendante de toute valeur particulière des vitesses.

Soit, sur l'unité d'aire de la surface d'un cylindre liquide dont le rayon est y, φ l'intensité de la résistance intérieure qui, parallèlement au mouvement de translation, fait équilibre à la composante du poids de ce cylindre : nous avons, pour exprimer cet équilibre, c'est-à-dire la condition mécanique du régime uniforme, la relation

$$\varphi = \frac{1}{2}\,\delta\, y\, i, \tag{7}$$

en désignant par δ la densité du liquide qui peut être regardée ici comme une constante. D'un autre côté, comme on sait que φ varie avec la dérivée $\frac{dv}{dy}$, l'équation (5) différentiée fournit une seconde base, savoir :

$$\frac{dv}{dy} - \frac{n\left(\frac{n}{2}+1\right)}{R^n}\,\gamma\sqrt{i}\;y^{n-1} = 0. \tag{8}$$

Pour un même tuyau, la perte de chute i varie d'un

(*) *Mémoire sur le mouvement des fluides ;* voir le tome VI des Mémoires de l'Institut.

courant à un autre, et, pour un même courant, y est la seule variable dans le produit $\delta\, y\, i$; or, si, pour les substituer successivement dans la relation (7), on tire de l'équation (8) y, puis i, la première de ces substitutions donne

$$\varphi = \frac{\delta}{2}\left[\frac{\mathrm{R}^n}{n\left(\frac{n}{2}+1\right)\gamma}\right]^{\frac{1}{n-1}} \frac{1}{i^{\frac{3-2n}{2n-2}}}\left(\frac{dv}{dy}\right)^{\frac{1}{n-1}},$$

et la seconde,

$$\varphi = \frac{\delta}{2}\left[\frac{\mathrm{R}^n}{n\left(\frac{n}{2}+1\right)\gamma}\right]^{2} \frac{1}{y^{2n-3}}\left(\frac{dv}{dy}\right)^{2}.$$

Or, le second facteur, en R et γ, de chacune de ces deux expressions de l'intensité φ, représente l'influence du rayon et de la rugosité des parois, de sorte qu'il doit avoir, dans l'une et dans l'autre, des valeurs identiques entre elles pour un même tuyau, ce qui exige que $\frac{1}{n-1} = 2$, ou $n = \frac{3}{2}$, condition par suite de laquelle, d'ailleurs, les expressions précédentes deviennent toutes deux

$$\varphi = \frac{32}{441}\,\delta\,\frac{\mathrm{R}^3}{\gamma^2}\left(\frac{dv}{dy}\right)^2. \tag{9}$$

65. — *Conséquence pour la loi des vitesses.* — La valeur $\frac{3}{2}$ de n étant maintenant à l'abri du doute, nous

voyons que la loi des vitesses de translation est

$$(10) \qquad v = V - \frac{7}{4}\,\gamma\sqrt{i}\,\left(\frac{y}{R}\right)^{\frac{3}{2}},$$

ou, en élevant au carré,

$$(V - v)^2 = \frac{49}{16}\,\gamma^2\, i\left(\frac{y}{R}\right)^3.$$

66. — *Recherche du facteur* γ. — En construisant, pour les quatre tuyaux en fonte sans dépôt intérieur, la courbe dont les coordonnées sont γ et R, j'ai reconnu qu'elle ne pouvait passer par l'origine de ces coordonnées ; j'ai donc posé

$$(11) \qquad \gamma = a + a'\,R^m + b'\,R^p + \ldots\ldots \text{ etc.},$$

remarquant d'ailleurs que, même dans l'hypothèse abstraite de $R = o$, la relation $V - U = \gamma\sqrt{i}$ est satisfaite sans qu'il soit nécessaire que $\gamma = o$, puisque, dans cette hypothèse extrême, U, V et i sont nulles. En substituant l'expression (11) dans l'équation (10) et mettant en évidence l'influence du rayon sur le décroissement des vitesses de translation, nous avons

$$(12) \qquad V - v = \frac{7}{4}\left(\frac{a}{R^{\frac{3}{2}}} + a'\,R^{m-\frac{3}{2}} + b'\,R^{p-\frac{3}{2}} + \ldots\ldots\right)\sqrt{i}\;y^{\frac{3}{2}}.$$

Cela posé, je ferai remarquer que les causes dynamiques de ce décroissement sont, la résistance des parois parallèlement à la translation, et les mouvements intestins du courant : or, l'influence du rayon R sur l'effet de

la première cause, qui est la principale, se borne évidemment à celle de la variation du périmètre mouillé, de sorte que cette influence doit être représentée par un terme proportionnel à R ; soit $a' R^{m-\frac{3}{2}}$ ce terme, nous avons donc $m - \frac{3}{2} = 1{,}00$, d'où $m = \frac{5}{2}$. En ce qui concerne la seconde cause, l'influence du rayon serait représentée dans l'équation (12) par

$$\frac{a}{R^{\frac{3}{2}}} + b' R^{p-\frac{3}{2}} + \ldots\ldots = P.$$

Pour se rendre compte de cette seconde influence, il faut remarquer que : 1° les mouvements intestins n'étant pas translatoires, les vitesses v s'en trouvent diminuées, de sorte que le décroissement $V - v$ est augmenté par suite de l'existence de ces mouvements, attendu que la vitesse maxima V n'en peut être affectée, la vitesse relative étant nulle pour le filet principal : 2° les mouvements intestins ayant leur origine dans la zône fluide en contact avec les aspérités de la paroi, leur nombre est proportionnel à R : 3° quant R augmente, une nappe fluide de rayon déterminé, est plus éloignée de cette paroi, de sorte que l'activité des mouvements intestins s'y trouve plus affaiblie. Nous voyons par ces considérations, d'abord, que la fonction P est toujours positive; puis, que les termes de cette fonction, qui croissent avec R, ont un même exposant 1,00, ce qui donne encore $p = \frac{5}{2}$; enfin, qu'elle doit contenir un terme décroissant quand R augmente, lequel est le terme $\frac{a}{R^{\frac{3}{2}}}$ qui résulte de l'indication fournie par la courbe expérimentale précitée.

En résumé, nous obtenons

$$\gamma = a + b\mathrm{R}^{\frac{5}{2}}. \tag{13}$$

D'après mes calculs, pour les tuyaux en fonte sans dépôt, $a = 1{,}797$ et $b = 64{,}20$: en adoptant ces valeurs, on a les résultats suivants :

Diamètres des tuyaux...	$0^m,188$	$0^m,2447$	$0^m,297$	$0^m,500$.
Valeurs de γ théoriques.....	1 ,971	−2 ,133	−2 ,343	−3 ,802.
Valeurs de γ expérimentales..	1 ,973	−2 ,173	−2 ,355	−3 ,789.

Pour le premier tuyau, il y a coïncidence, et, pour le quatrième, l'accord existe à $\frac{1}{291}$ près, ce qui équivaut à une vérification : quant aux deux autres, ce sont ceux qui, d'abord chargés intérieurement de dépôts, avaient été nettoyés pour les expériences, circonstance qui a probablement occasionné une différence de rugosité influant un peu sur les coefficients de la formule (13) : en outre, pour le tuyau de $0^m,297$, la valeur théorique de γ ne diffère que de $\frac{1}{196}$ de la valeur expérimentale, et, pour le tuyau de $0^m,2447$, la courbe précitée présente un *jarret* ce qui indique une légère inexactitude dans les résultats d'expérience (*).

67. En conséquence des relations (10) et (13), la loi du décroissement des vitesses dans les tuyaux de conduite en usage, est

$$\mathrm{V} - v = \frac{7}{4}\left(\frac{a}{\mathrm{R}^{\frac{3}{2}}} + b\mathrm{R}\right)\sqrt{i}\ y^{\frac{3}{2}}.$$

(*) Les deux valeurs théoriques de γ rétablissent la continuité de la courbure.

expression désormais assurée, et qui diffère surtout par l'influence du rayon, de la formule empirique de M. Darcy. Ce savant ingénieur n'eût pas, d'ailleurs, adopté une valeur constante pour le coefficient K de son facteur $\frac{K}{R}$, si, séparant de celles qu'il avait calculées par la méthode des moindres carrés, le cas du tuyau avec dépôt intérieur, il eût construit pour les quatre autres tuyaux, une courbe f (K et R); car cette courbe accuse l'existence d'un minimum entre $2R = 0^m,297$ et $2R = 0^m,500$,

68. — *Résumé des formules concernant les tuyaux de conduite ordinaires.* — D'après ce qui précède à partir du n° 55, les principales formules à employer dans la pratique sont les suivantes :

1° Loi du décroissement des vitesses de translation des nappes liquides, depuis le filet principal jusqu'aux parois

$$V - v = \frac{7}{4}\gamma\sqrt{i}\left(\frac{y}{R}\right)^{\frac{3}{2}},$$

avec

$$\gamma = a + bR^{\frac{5}{2}};$$

2° Loi des pertes de chute sur l'unité de longueur

$$i = \frac{16}{49}\cdot\frac{1}{\gamma^2}(V - w)^2;$$

3° Expression de la vitesse moyenne du courant

$$U = V - \frac{4}{7}(V - w);$$

4° Relation entre la vitesse de translation de la nappe

en contact avec la paroi, et la vitesse moyenne du courant

$$w = U - \frac{3}{4}\ \gamma\sqrt{i}\ ;$$

5° Rapport entre le décroissement des vitesses depuis le filet principal jusqu'à la nappe principale, et celui qui a lieu de cette nappe à la paroi :

$$\frac{V - U}{U - w} = \frac{4}{3};$$

6° Rayon de la nappe principale

$$r = 0{,}6887\ R;$$

7° Expression de l'*intensité* de l'action mutuelle qui a lieu entre deux nappes consécutives

$$\gamma = 0{,}072562\ \delta\ \frac{R^3}{\gamma^2}\left(\frac{dv}{dy}\right)^2.$$

69. — *Remarques.* 1° Il suffirait d'observer la vitesse de translation à une distance de la paroi égale à 0,3113 R pour obtenir la vitesse moyenne du courant, et, par suite, le débit de la conduite.

2° La formule exprimant la loi des vitesses des nappes liquides après la substitution de l'expression du facteur γ, indique que, pour une même perte de chute dans des tuyaux de diamètres différents, le décroissement $V - v'$ des vitesses depuis le filet principal jusqu'à une nappe de rayon y' constant, diminue d'abord à partir des faibles diamètres jusqu'à une certaine grandeur de ceux-ci : à partir de cette grandeur qui, d'après mes calculs, serait

$0^m,320$ pour les tuyaux en fonte sans dépôts intérieurs, si le diamètre continue à augmenter, le décroissement dont il s'agit augmente avec lui. Cette influence du rayon des tuyaux peut être expliquée en remarquant que l'accroissement de ce rayon produit deux effets inverses, savoir : 1° l'augmentation de l'intensité du frottement du liquide sur l'unité de surface de la paroi; 2° l'accroissement, pour une même valeur de y, de la distance de la nappe correspondante à cette paroi, accroissement de distance qui est une cause de moindre affaiblissement de la vitesse v'.

70. — *Cas des petits calibres.* — On n'a pu, jusqu'à présent, obtenir une formule de la vitesse moyenne d'écoulement, qui s'applique aux petits calibres aussi bien qu'à ceux des tuyaux employés dans la pratique. Il y a même lieu de remarquer un désaccord analogue sans sortir du cas des tubes capillaires ; ainsi, la formule d'écoulement donnée par le docteur Poiseuille à la suite de ses remarquables expériences sur des tubes dont le plus gros avait un calibre inférieur à $\frac{2}{3}$ de millimètre (*), formule suffisamment exacte pour ces très-petites dimensions, ne s'accorde pas, comme l'auteur lui-même l'a remarqué (**), avec les résultats obtenus, en 1785, par le colonel Du Buat, et en 1816 par l'ingénieur Girard, pour des tubes de 1 à 4 millimètres de diamètre.

(*) Voir les tomes VIII et IX du *Recueil des Mémoires des savants étrangers* publié par l'*Académie des sciences.*

(**) Malgré cette circonstance, un savant analyste qui l'ignorait sans doute, a cité comme une preuve de la perfection de sa théorie du mouvement des liquides, qu'elle conduisait, pour tous les tuyaux, à une formule identique à celle du Dr Poiseuille.

Ces désaccords peuvent être expliqués au moyen des notions concernant la *zône troublée*, que j'ai exposées dans la section IV du premier Chapitre : l'épaisseur de cette zône est faible, mais, comme elle dépend essentiellement de la rugosité des parois et de la vitesse du fluide, plus le calibre des tuyaux est petit, et plus la zône troublée occupe une partie aliquote considérable de la masse du courant ; il peut même arriver qu'elle envahisse cette masse tout entière. Sans aller jusqu'à cette limite extrême où aucune théorie n'est possible, je considérerai les cas dans lesquels il reste une région intérieure non troublée.

Soient :

r_1 le rayon de cette région,

U′ sa vitesse moyenne,

u celle de la zône troublée,

Nous avons, en exprimant que le débit du tuyau est égal à la somme de ceux de la région et de la zône précitées,

$$(\alpha) \qquad U = \left(\frac{r_1}{R}\right)^2 U' + \left(1 - \frac{r_1^2}{R^2}\right) u.$$

Cela posé, je remarquerai que, dans la région précitée, la loi des vitesses doit être, quant à sa forme, celle qui a été déterminée précédemment ; je poserai donc

$$(\beta) \qquad v = V - \frac{1}{\Delta} \frac{\gamma}{R^{\frac{3}{2}}} \sqrt{i}\, y^{\frac{3}{2}},$$

puis je déterminerai le facteur $\frac{1}{\Delta}$ destiné à tenir compte de l'influence de la zône troublée, influence qui consiste principalement à modifier les mouvements transversaux

des molécules fluides. Nous avons

$$U' = \frac{2}{r_1^2} \int_0^{r_1} vy\, dy = V - \frac{4}{7}\,\frac{1}{\Delta}\,\frac{\gamma}{R^{\frac{3}{2}}}\sqrt{i}\; r_1^{\frac{3}{2}},$$

et si nous connaissions u, la substitution de cette valeur de U' dans l'expression (α) fournirait une équation dont on tirerait Δ. Dans l'état des connaissances physiques relatives à la notion nouvelle des zônes troublées, u ne peut être connue rigoureusement, mais il est facile d'en obtenir une valeur suffisamment approximative : au point de vue qui nous occupe, le caractère distinctif de ces zônes est que, par suite des mouvements intestins excités par les aspérités des parois, le décroissement des vitesses est nécessairement plus rapide que dans la région intérieure; or, il en résulte que, si l'on fait $y = R$ dans l'équation (β), la valeur w_0 de v, que l'on obtient, est intermédiaire entre les vitesses qui ont réellement lieu pour $y = R$ et $y = r_1$; d'un autre côté, la vitesse moyenne u est également intermédiaire entre ces deux dernières vitesses effectives, et, comme la différence de celles-ci ne peut être que très-faible puisque la différence $R - r_1$ est très-petite, l'écart qui peut exister entre w_0 et u, ne saurait occasionner une sensible inexactitude dans les applications. Nous pouvons donc prendre

$$u = w_0 = V - \frac{\gamma}{\Delta}\sqrt{i}\,.$$

Cela posé, en portant cette valeur et celle de U' dans l'équation (α), et remarquant que, d'après la première des propriétés que j'ai établies, on a

$$V - U = \gamma\sqrt{i}\,,$$

nous obtenons, toute réduction faite,

$$\Delta = 1 - \left[1 - \frac{4}{7}\left(\frac{r_1}{R}\right)^{\frac{3}{2}}\right]\frac{r_1^2}{R^2}.$$

En conséquence, dans les tuyaux à petit calibre où il reste une région intérieure non troublée, la loi des vitesses des nappes qui composent cette région, est, en désignant par e l'épaisseur $R - r$, de la zône troublée,

$$r = V - \frac{7}{\frac{4}{7}\left(1 - \frac{e}{R}\right)^{\frac{7}{2}} + \frac{e}{R}\left(2 - \frac{e}{R}\right)}\sqrt{i}\left(\frac{y}{R}\right)^{\frac{3}{2}}.$$

Remarque. — A la rigueur, cette formule devrait être employée pour les diamètres ordinaires comme pour les petits calibres, mais elle ne serait pas pratiquement applicable, puisque nous ne connaissons pas encore la loi des épaisseurs e. Dans les cas ordinaires, la saillie des aspérités de la paroi est négligeable par rapport au rayon; or, en faisant $\frac{e}{R} = o$, on retrouve la formule précédemment déterminée. Nous ajouterons que, pour l'application de cette dernière, il conviendra de mesurer R en faisant poser la tige employée sur le sommet des aspérités.

CHAPITRE IV.

PROPRIÉTÉS COMMUNES AUX TUYAUX DE CONDUITE, AUX CANAUX ET AUX RIVIÈRES A RÉGIME UNIFORME.

1re Section.

71. — *Résumé des propriétés générales précédemment établies.* — Les mouvements des molécules des courants sont de deux sortes, savoir : leurs *mouvements de translation* par lesquels un certain volume fluide est conduit d'un lieu à un autre, dans un temps déterminé, et les *mouvements intestins* ou non-translatoires : les premiers seuls sont utilisés dans la pratique ; les seconds sont nuisibles parce qu'ils consomment inutilement une portion du travail moteur dépensé sur les courants.

Les mouvements de translation sont *périodiques* : dans les conditions du régime dit uniforme, que j'ai exposées, chaque vitesse passe, à des intervalles égaux de temps, par une même valeur, de sorte qu'on n'a pas à considérer le travail correspondant aux réactions d'inertie, travail dont les quantités sont périodiquement égales entre elles et de signes contraires ; la substitution des vitesses des *moyens mouvements* de translation à celles qui ont réellement lieu, est nécessaire dans l'état actuel des connaissances acquises, parce que ce sont les seules qui aient été observées, et dont les instruments en usage puissent faire connaître les valeurs : en regardant la vitesse de chaque molécule comme constante, nous devrions, en toute rigueur, prendre pour unité de temps celui d'un nombre pair de périodes consécutives ; or, on ne connaît pas ce temps, et l'on est obligé d'adopter une même unité pour tous les éléments matériels d'un cou-

rant, de sorte que, rationnellement, l'on est exposé à une inexactitude ; mais celle-ci ne peut être préjudiciable aux applications pratiques, car, d'après nos observations, il ne peut exister que de faibles différences, négligeables devant les moyens mouvements rapportés à un temps commun. Si, d'ailleurs, on parvient plus tard à connaître les lois de la périodicité, il suffira, pour rendre scientifiquement rigoureux les résultats obtenus, de changer l'unité constante de temps en unité variable avec la vitesse, et égale au temps de deux périodes consécutives d'accélération et de ralentissement.

Tout courant à régime uniforme peut être regardé comme composé de nappes minces, conformes à la définition physique et géométrique que j'ai établie au n° 29 : les courbes d'égale vitesse, qui sont les directrices de ces nappes formées de filets parallèles au mouvement de translation, ont un tracé très-variable ; dans les tuyaux de conduite ordinairement employés, à section circulaire, elles sont des circonférences dont le centre commun est sur l'axe du tuyau : dans les canaux et les rivières, les courbes d'égale vitesse les plus voisines des parois leur sont sensiblement parallèles, mais à mesure qu'elles se rapprochent du filet intérieur animé de la plus grande des vitesses, et que j'ai nommé *filet principal*, elles se courbent de plus en plus, et les dernières nappes enveloppent ce filet.

L'égalité des vitesses de translation des molécules en contact avec les parois (27), soit dans les tuyaux, soit dans les courants découverts, peut être expliquée en considérant que l'action motrice de la gravité est la même pour toutes ces molécules, que la résistance des parois est indépendante de la pression statique, et, qu'en général, dans un même tuyau ou dans un même lit, les parois

sont uniformément rugueuses. Il peut se produire des différences de vitesses dans les angles rentrant d'un canal, et pour les filets les plus voisins de la surface liquide libre, mais ces différences sont très-faibles et elles n'ont lieu que pour un nombre relativement petit de filets.

Les coudes des courants sont généralement courbes, mais, dans la plupart des cas, leur rayon de courbure n'est pas assez grand par rapport à la largeur du courant, pour que le régime uniforme y ait lieu ; le mouvement du fluide en contact avec le plus grand arc à parcourir, et du fluide voisin, s'accélére dans la partie d'amont du coude, tandis que celui qui correspond au plus petit arc se ralentit : en outre, il peut se produire des contre-courants quand la section du lit est notablement plus grande dans le coude que dans les parties précédente et suivante. Il existe aussi des perturbations de régime dans les bifurcations ou embranchements. En conséquence, on doit réserver pour des études expérimentales spéciales, les coudes et les bifurcations.

Les mouvements intestins sont, en très-grande partie, engendrés dans la zône fluide en prise avec les aspérités des parois, et il parait probable qu'ils se propagent en s'affaiblissant, vers l'intérieur des courants : en ce qui concerne les tourbillons qui ont lieu, dans les courants suffisamment rapides, à l'arrière des corps immergés, la tendance à la propagation a été remarquée par Poncelet (*). Quoi qu'il en soit pour les petits tourbillons qui peuvent être excités dans la zône des aspérités des parois, il existe

(*) Voir le remarquable ouvrage intitulé *Introduction à la Mécanique industrielle, physique ou expérimentale*, publié à Metz en 1839 par Poncelet, et dont M. Kretz a fait paraître une troisième édition en 1870.

à l'intérieur des courants une communication latérale de mouvement par suite de laquelle les molécules fluides se déplacent lentement, dans le sens des plus petites aux plus grandes vitesses de translation ; leurs trajectoires dans l'espace ne sont donc pas exactement parallèles aux parois : les composantes normales aux génératrices de ces parois sont au nombre des mouvements intestins. Dans les parties à régime uniforme des courants, toutes les composantes de vitesse qui contribuent à la translation du fluide peuvent être regardées comme parallèles entre elles; leur direction est celle du courant, qui peut être partagé en longueurs sur lesquelles ce courant est sensiblement rectiligne.

Je rappellerai enfin qu'il existe toujours une nappe dont la vitesse de translation est égale à la vitesse moyenne du courant, et que j'ai nommée *nappe principale*.

Nouvelles propriétés.

72. — *Mouvement des centres de gravité.* — Considérons, dans une partie à régime uniforme d'un courant, le corps liquide limité latéralement par les parois, et transversalement, à un instant déterminé, par deux sections de ce courant situées à une distance quelconque l l'une de l'autre, sections dont l'aire est A ; en cet instant, le centre de gravité G du volume Al, et les centres de gravité particuliers s de ses nappes, sont dans un même plan P normal, comme les deux sections précitées, à la direction du courant, puis ils s'éloignent inégalement de ce plan supposé fixe : à la fin de l'unité de temps, la longueur des nappes du corps fluide considéré, est, par suite de l'uniformité du régime, la même

qu'au commencement, de sorte que les distances des points s au plan P sont devenues égales aux vitesses v (*) du moyen mouvement des nappes ; quant à celle du point G elle a acquis une valeur x facile à déterminer de diverses manières : si, par exemple, en ce dernier instant, on applique par rapport au même plan le théorême général des moments des centres de gravité d'un système matériel, on a, en désignant par ω l'aire de la section transversale d'une nappe, et remarquant que, pour un liquide à régime uniforme, la densité est une constante,

$$\Sigma\, \omega\, v = A\, x.$$

Or, la somme $\Sigma\, \omega\, v$ qui comprend toutes les nappes du corps liquide considéré, est évidemment égale au volume que le courant débite dans l'unité de temps, et, par conséquent, x est égale à la vitesse moyenne U de ce courant. Comme, d'ailleurs, par suite de la continuité du décroissement des vitesses avec la distance aux parois, il existe dans tout courant une nappe dont la vitesse est U, nappe que nous continuerons à nommer *principale*, les considérations précédentes démontrent le théorême général suivant :

Dans tout courant liquide à régime uniforme, la vitesse de translation du centre de gravité d'un système de molécules qui a originairement pour bases deux sections de ce courant, est égale à la vitesse effective de la nappe principale et à la vitesse moyenne du courant.

(*) Les bases d'amont et d'aval du corps fluide considéré sont devenues des surfaces courbes dont chacune représenterait géométriquement, au dernier instant de l'unité de temps, la loi suivant laquelle les vitesses v décroissent avec la distance aux parois ; ces surfaces s'allongent ensuite progressivement.

73. — *Comparaison des lois des vitesses dans les tuyaux de conduite, avec celles qui ont lieu dans les canaux et les rivières.* — La formule que j'ai établie, dans le chapitre précédent, pour les tuyaux de conduite ordinairement employés, est

$$v = \mathrm{V} - \frac{7}{4}\,\gamma\sqrt{i}\,\left(\frac{y}{\mathrm{R}}\right)^{\frac{3}{2}}.$$

Or $\gamma = \dfrac{\mathrm{V}-\mathrm{U}}{\sqrt{i}}$, et d'un autre côté, j'ai démontré que

$$\mathrm{V} - \mathrm{U} = \frac{4}{7}\,(\mathrm{V} - w),$$

en conséquence la loi des vitesses peut être écrite sous la forme

$$(1) \qquad \mathrm{V} - v = (\mathrm{V} - w)\left(\frac{y}{\mathrm{R}}\right)^{\frac{3}{2}}.$$

La tranche verticale qui passe par l'axe ou le filet principal, satisfait à la définition du *thalweg*, que j'ai donnée pour les courants découverts, de sorte que j'emploierai cette dénomination pour tous les cas.

En ce qui concerne les canaux et les rivières (*), j'ai

(*) Je crois devoir ajouter aux notions précédemment exposées, que la nappe principale, dont la vitesse est égale à U, se trouvant toujours plus rapprochée des parois que du filet principal, coupe la surface libre des courants découverts, et, qu'en conséquence, deux des filets de cette surface ont une vitesse de translation égale à la vitesse moyenne d'un courant. Cette remarque peut conduire, après des observations suffisamment variées, à un moyen de jaugeage simple et facile des canaux et des portions de rivières dont le régime est sensiblement uniforme.

déterminé, pour la partie du thalweg qui est comprise entre le filet principal et le fond du lit, la formule

$$(2) \qquad V - v = (V - w + c)\frac{z^2}{H^2} - c,$$

dans laquelle

$$(3) \qquad c = \frac{\left(\frac{1}{p} - \frac{\lambda}{H}\right)^2}{1 - \left(\frac{1}{p} - \frac{\lambda}{H}\right)^2}(V - w)$$

et je ferai remarquer que cette formule peut être considérée comme une expression de la loi des vitesses de toutes les nappes liquides, si l'on regarde l'ordonnée z, qui variera de (*) 0 à H, comme celle du point inférieur d'intersection de ces nappes et de la tranche du thalweg : en effet, dans la région supérieure des courants, les valeurs des vitesses des filets qui ne se trouvent pas en contact avec les parois, sont toutes comprises entre V et w; en outre, d'après les conséquences que j'ai déduites de la propriété des courbes d'égale vitesse découverte par l'ingénieur Baumgarten, w peut être regardée comme la vitesse de la nappe en contact avec les parois latérales et le fond du lit.

Cela posé, pour rendre l'équation (2) dans laquelle l'expression de c doit être substituée, plus comparable à l'équation (1), nous exprimerons z en fonction de la distance y au filet principal, du point inférieur d'inter-

(*) Nous rappelons que 0 est la distance verticale du filet principal à la surface des courants.

section des nappes et du thalweg, c'est-à-dire que nous ferons

$$z = y + o = y + \frac{H}{p} - \lambda.$$

Par suite de ces substitutions, l'équation (2) devient

(4)
$$V - v = \frac{1}{1 - \left(\frac{1}{p} - \frac{\lambda}{H}\right)^2} (V - w) \left[\frac{y^2}{H^2} + 2\left(\frac{1}{p} - \frac{\lambda}{H}\right)\frac{y}{H}\right]$$

Je présenterai maintenant les remarques suivantes : 1° dans l'équation (4) comme dans l'équation (1), $V - w$ est un facteur commun à toutes les valeurs du décroissement $V - v$ des vitesses depuis le filet principal jusqu'à une nappe quelconque ; 2° cette quantité $V - w$ est, comme on s'en assurera facilement, égale, dans tous les courants, à la somme des vitesses relatives des nappes successives, y compris celle qui se réduit au filet principal par un décroissement continu des dimensions transversales de ces nappes ; 3° Pour des canaux et des rivières dans lesquels les positions relatives du filet précité et de la ligne qui contient les centres de gravité des sections liquides, seraient les mêmes que dans les tuyaux, on aurait $\lambda = o$ et $p = 2$, c'est à dire que le coefficient

$$\frac{1}{1 - \left(\frac{1}{p} - \frac{\lambda}{H}\right)^2}$$

de $V - w$, serait un nombre invariable comme dans le cas des tuyaux, où sa valeur est 1,00.

Ces considérations font ressortir un second théorème général, savoir que

Dans les canaux, les rivières et les tuyaux de conduite, toutes les valeurs de l'excès de la vitesse du filet principal sur celle d'une nappe, ont pour facteur commun une quantité proportionnelle à la somme des vitesses relatives des nappes successives, dans un rapport qui dépend des positions relatives du filet principal et de la ligne des centres de gravité des sections liquides. On voit que ce rapport varie, non seulement avec les dimensions de la section transversale des courants, mais encore avec la figure du profil de cette section.

74. — *Loi générale des pertes de chute.* — On a vu précédemment (59 et 68), que, dans les tuyaux de conduite, l'expression de la perte de chute i sur l'unité de longueur des courants, en fonction du décroissement total $V - w$ des vitesses, est

$$(3) \qquad i = \frac{16}{49} \frac{1}{z^2} (V - w)^2.$$

Considérons maintenant les canaux et les rivières : parmi les nombreuses mesures de vitesses que M. Bazin a effectuées, de l'année 1858 à 1860, dans des canaux d'expérience dont le dispositif est examiné au n° 43, les résultats des huit séries correspondant au cas où la surface des courants restait au-dessous du seuil des orifices d'alimentation, n'ont pu être sensiblement troublés par le jaillissement des veines liquides lancées par ces orifices; en outre, dans l'ensemble de ces séries, la perte de chute a varié de 1 à 6; en conséquence, nous pouvons nous appuyer avec sécurité sur les résultats dont il s'agit : or, ces résultats s'accordent avec ceux de mes expériences de l'année 1845, pour faire voir que, dans l'équation (2), le facteur de z^2 est proportionnel au produit de $\sqrt{i}$ par

une fonction μ des dimensions transversales des courants ; nous avons donc

$$V - w + c = \mu \sqrt{i} ,$$

d'où nous déduisons, après avoir substitué à c son expression générale (3)

$$(6) \quad i = \frac{1}{\left[1 - \left(\frac{1}{p} - \frac{\lambda}{\Pi}\right)^2\right]^2} \frac{1}{\mu^2} \left(V - w\right)^2.$$

Cela posé, on remarquera que les formules (5) et (6) assignent le même rôle au décroissement total $V - w$ des vitesses depuis le filet principal jusqu'aux parois, ainsi qu'aux fonctions γ et μ des dimensions transversales des courants : quant au facteur de $\frac{1}{\mu^2}$, pour un canal où les positions relatives du filet principal et de la ligne des centres de gravité des sections liquides transversales, seraient les mêmes que dans les tuyaux, on aurait, comme je l'ai déjà fait remarquer, $\lambda = o$ et $p = 2$, de sorte que l'expression (6) deviendrait

$$i = \frac{16}{9} \frac{1}{\mu^2} (V - w)^2,$$

formule entièrement analogue à la relation (5) que j'avais déterminée pour les tuyaux de conduite.

En conséquence, nous pouvons regarder comme établi, le théorème suivant :

La perte de chute des courants liquides à régime uniforme est proportionnelle au carré du décroissement total

des vitesses de translation de leurs nappes, dans un rapport qui dépend des dimensions transversales de chaque courant, rapport qui varie en outre avec les positions relatives du filet principal et de la ligne des centres de gravité des sections fluides.

75. — *Corollaire.* — Pour le cas des tuyaux de conduite,

$$V - w = \frac{7}{4}(V - U),$$

de sorte que, comme conséquence du théorème général précédent,

$$i = \frac{1}{\gamma^2}(V - U)^2,$$

expression qui équivaut à

$$(7) \qquad i = \frac{2g}{\gamma^2}\left[\frac{U^2}{2g} - \frac{(2U - V)V}{2g}\right].$$

Pour les canaux et les rivières, soit h la distance verticale à la surface liquide libre, du point inférieur d'intersection de la nappe principale et du thalweg : en faisant $z = h$ dans l'équation (2), et nous appuyant d'ailleurs sur les propriétés déjà établies, nous avons la relation

$$(8) \quad V - w = \frac{1 - \left(\frac{1}{p} - \frac{\lambda}{H}\right)^2}{\frac{h^2}{H^2} - \left(\frac{1}{p} - \frac{\lambda}{H}\right)^2}(V - U).$$

Or, en conséquence de cette relation et de la formule (6)

$$(9)\qquad i = \frac{2g}{\mu^2}\left[\frac{1}{\frac{h^2}{H^2} - \left(\frac{1}{p} - \frac{\lambda}{H}\right)^2}\right]^2 \left(\frac{U^2}{2g} - \frac{(2U - V)V}{2g}\right)$$

$\frac{U^2}{2g}$ est d'ailleurs, d'après le théorème établi au n° 72, la chute suivant laquelle la pesanteur agissant seule engendrerait la vitesse du centre de gravité du courant, dans les tuyaux comme dans les canaux et les rivières.

Pour ces deux catégories de courants, le facteur fonction des vitesses du centre de gravité et du filet principal est le même, et les facteurs $\frac{2g}{\gamma^2}$, $\frac{2g}{\mu^2}$ ont la même signification : quant au troisième facteur, qui est égal à l'unité dans le cas des tuyaux à section circulaire, il est facile de voir que, pour les courants découverts, la valeur

$$\frac{1}{\frac{h^2}{H^2} - \left(\frac{1}{p} - \frac{\lambda}{H}\right)^2}$$

qui doit lui être attribuée, se réduirait, comme la première, à un nombre constant, si les positions relatives du filet principal et de la ligne des centres de gravité des sections liquides, étaient invariables comme dans les tuyaux de conduite.

76. *Notions concernant la position relative de la nappe principale.* — On a déjà vu que, dans les tuyaux de conduite à section circulaire, la nappe dont la vitesse de translation est égale à la vitesse moyenne du courant,

passe à une distance de la paroi, égale à 0,3113 R, ou un peu moins du tiers du rayon. Dans les canaux et rivières, les divers points de cette nappe sont à des distances différentes des parois respectivement voisines; celle qui a le plus d'importance pour nos formules relatives à la loi des vitesses, est la distance $H - h$ au fond du lit, du point d'intersection de la nappe principale et de la tranche longitudinale du thalweg; or, nous pouvons avoir un aperçu de sa valeur au moyen de mesures rapportées par M. Bazin dans l'ouvrage déjà cité, mesures qui concernent les canaux à section rectangulaire : les profondeurs d'eau H variant de $0^m,134$ à $0^m,495$, et les vitesses moyennes, de $0^m,854$ à $2^m,297$ par seconde, le rapport $\frac{h}{H}$, résultant des données de M. Bazin, ne présente pas de loi de variation précise; sa moyenne est 0,79, et les valeurs diverses ne s'écartent pas beaucoup de cette moyenne, d'après laquelle la distance $H - h$ serait 0,21 H, ou un peu plus du cinquième de la profondeur totale du courant.

Section II.

Nouvelles notions sur la résistance extérieure, et les actions mutuelles intérieures.

Les forces dont nous allons nous occuper, étant proportionnelles, comme tous les hydrauliciens l'admettent, à l'aire des surfaces liquides sur lesquelles elles s'exercent, je considérerai leurs valeurs sur l'unité d'aire, valeurs que je nommerai, pour abréger, *intensités*.

Résistance des parois.

On connaît l'historique des nombreuses recherches qui ont été effectuées, pour déterminer les lois de la résistance des parois au mouvement de translation des courants liquides, depuis l'année 1730, époque des expériences de Couplet sur les conduites d'eau de Versailles. Ces recherches n'ont pas encore fait obtenir des formules que les ingénieurs puissent employer avec sécurité, de sorte que des considérations nouvelles peuvent être très-utiles : celles que j'exposerai concernent les parties, soit rectilignes, soit à grand rayon de courbure, des courants ; quant aux coudes brusques, à ceux dont le rayon n'excède pas beaucoup la largeur du courant, et aux bifurcations ou embranchements, il s'y produit des phénomènes particuliers dont l'influence doit être un sujet spécial d'étude.

77. *Bases anciennes.* On a généralement admis, depuis l'année 1804 jusqu'à présent, d'après les ingénieurs Girard et de Prony, que la formule par laquelle, en 1798, Coulomb, alors chef de bataillon du Génie, a représenté les résultats de quelques expériences (*), était applicable aux courants fluides, soient :

f *l'intensité* de la résistance des parois,

w la vitesse du fluide en contact avec ces parois,

m et n des coefficients numériques variant avec leur rugosité,

δ la densité du courant.

(*) Ces expériences étaient destinées à déterminer.... « *La cohérence des fluides, et les lois de leurs résistances dans les mouvements très-lents.* » Voir les Mémoires de l'Institut, t. 3.

D'après l'opinion précitée, on aurait

$$(1) \qquad f = \frac{m}{g}\,\delta\left(w^2 + \frac{n}{m}\,w\right),$$

et, pour rendre cette relation applicable aux besoins de la pratique, il fallait substituer à w une expression de cette vitesse en fonction de la vitesse moyenne U des courants : Prony supposa que l'une était proportionnelle à l'autre, au moins avec une approximation suffisante, et l'on peut voir par les relations que j'ai établies précédemment, combien cette hypothèse s'écarte de la vérité. M. Darcy s'est borné à déduire empiriquement des résultats de ses expériences sur les tuyaux, des expressions, en fonctions de leur rayon, des facteurs a et b de la formule

$$(2) \qquad R_1\, i = a\,U^2 + b\,U$$

de Prony (*), ainsi que les valeurs des coefficients numériques de ces expressions, coefficients dont il a reconnu la variation suivant la matière et la rugosité des parois. Des formules très-différentes de celle de Prony améliorées par M. Darcy, ont été proposées depuis quelques années, tant en France qu'à l'étranger, mais M. Bazin a conclu d'un examen comparatif publié dans les *Annales des*

(*) R_1 rayon moyen des courants : on sait que les facteurs proposés par M. Darcy sont

$$a = \alpha + \frac{\beta}{R_1} \qquad \text{et} \qquad b = \alpha' + \frac{\beta'}{R_1^2},$$

les coefficients numériques α et β, α' et β', dépendant de la rugosité des parois.

Ponts-et-Chaussées, année 1871, que la première leur est préférable. Or, sans entrer avec M. Darcy, dans le détail de comparaisons numériques entre les valeurs de $R_1 i$ données par ses utiles expériences, et celles que la formule (2) fournit, je baserai l'appréciation de cette formule sur une loi de variation (*) : à cet effet, je ferai remarquer qu'il en résulte

$$\frac{U}{\sqrt{i}} = \frac{b}{2a\sqrt{i}} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{4a}{b^2} R_1 i} \right),$$

ce qui ferait diminuer le rapport de U à $\sqrt{i}$, à mesure que, pour un même rayon moyen du courant, et une même rugosité des parois, la perte de chute i augmente, tandis que les nombreux résultats des expériences de M. Darcy sur les tuyaux de conduite suivent une loi contraire. La formule (2) pourvue des valeurs expérimentales de ses coefficients, est d'ailleurs loin de fournir, dans tous les cas pratiques, une approximation suffisante.

L'imperfection de cette formule que l'on a appliquée aux canaux comme aux tuyaux, et dont on s'est servi pour calculer des tables numériques à l'usage des ingénieurs, provient, non seulement de l'hypothèse de Prony, mais encore de la base sur laquelle il s'est appuyé, base dont nous allons montrer et expliquer le défaut.

78. — *Nouvelles considérations.* — La condition que la résistance des parois fasse équilibre à la composante longitudinale du poids du courant, donne

$$f = \delta R_1 i,$$

(*) On ne saurait trop recommander l'emploi de ce moyen d'appréciation.

or, en vertu du principe des pertes de chute, que j'ai établi précédemment (74),

$$i = \mathrm{K}\,(\mathrm{V} - w)^2,$$

le facteur K varie d'ailleurs, d'un courant à un autre, avec les dimensions de la section liquide transversale, la rugosité des parois, et même avec la figure géométrique de leur périmètre mouillé. Nous voyons que

$$f = \mathrm{K}\,\delta\,\mathrm{R}_1\,(\mathrm{V} - w)^2, \tag{3}$$

expression que, pour la comparer à la formule (1), nous écrirons comme il suit,

$$f = \mathrm{K}\,\delta\,\mathrm{R}_1\,[w^2 - 2\,(w - \frac{1}{2}\,\mathrm{V})\,\mathrm{V}]. \tag{4}$$

On voit que le facteur de la fonction des vitesses, facteur qui était regardé comme constant pour un même fluide et une même rugosité des parois, doit varier, en outre, avec les conditions géométriques précitées. La divergence entre l'ancienne et la nouvelle base est plus grande encore en ce qui concerne l'influence des vitesses, car, si les expressions (1) et (4) de f ont, toutes deux, un terme proportionnel à w^2, le second terme, au lieu d'être, dans tous les cas, additif et simplement proportionnel à w, est plus complexe, et il pourrait être soustractif, nul, ou positif, selon que cette vitesse serait supérieure, égale, ou inférieure, à la moitié de celle du filet principal du courant considéré. Examinons d'abord, à ce point de vue, le cas des tuyaux de conduite : il résulte des relations que j'ai déterminées précédemment

$$\mathrm{V} - w = \frac{7}{4}\,(\mathrm{V} - \mathrm{U}),$$

en outre, la propriété fondamentale que j'ai découverte est exprimée par

$$\frac{V - U}{\sqrt{i}} = \gamma,$$

γ étant une fonction du rayon des tuyaux, dont les coefficients varient avec la rugosité de la paroi : en conséquence,

$$(5) \qquad w - \frac{1}{2} V = \frac{1}{2} V - \frac{7}{4} \gamma \sqrt{i}.$$

or, si l'on emploie les valeurs de V et de i fournies par les expériences de M. Darcy, et celles de γ que j'ai calculées, on voit que, pour une même valeur de cette dernière quantité, la différence $w - \frac{1}{2} V$ diminue avec V et i : cette différence est toujours positive, de sorte que dans l'expression vraie de f, après le terme en w^2, le second doit être soustractif.

Quant aux canaux et rivières, j'ai démontré qu'en général, dans la région située au dessous du filet principal

$$r = V + c - \frac{c}{\theta^2} z^2,$$

θ étant la distance de ce filet à la surface des courants ; soit H la profondeur d'eau totale, en faisant $z = H$, nous avons

$$w = V - c \left(\frac{H^2}{\theta^2} - 1 \right),$$

d'où

$$w - \frac{1}{2} V = \frac{1}{2} V - c \left(\frac{H^2}{\theta^2} - 1 \right).$$

D'après les données expérimentales citées dans la section III, du troisième chapitre, la valeur numérique de c varie peu et reste très-faible ; c'est le contraire qui a lieu pour le rapport de H^2 à θ^2, de sorte que $w - \frac{1}{2} V$ dépend principalement de ce rapport pour une même valeur de V : or, $\frac{H^2}{\theta^2}$ augmente avec la profondeur du courant. En examinant l'influence de la largeur sur la différence $w - \frac{1}{2}$ on voit qu'elle est analogue : ainsi cette différence diminue quand la profondeur ou la largeur du courant augmentent. Dans les limites des données d'observation sur lesquelles on peut s'appuyer avec sécurité, $w - \frac{1}{2}$ est positive, mais, il paraît possible qu'elle se trouve, ou nulle, ou négative, pour des courants à mouvement lent, larges ou profonds.

79. Nous expliquerons maintenant pourquoi l'ancienne expression $mw^2 + nw$ de l'influence de la vitesse w n'est pas applicable aux courants. Coulomb faisait osciller au contact d'une masse liquide contenue dans un vase cylindrique, un disque suspendu en son centre par un fil de torsion ; or, comme on peut s'en assurer facilement, les mouvements de ce disque provoquaient dans les couches supérieures du liquide, des mouvements analogues qui décroissaient à partir de la surface solide, de sorte qu'ils mettaient en jeu des réactions d'inertie et des résistances intérieures, causes qui augmentaient la résultante que la torsion du fil mesurait, et que la formule de Coulomb exprime. On voit que, entre ce cas où les impulsions motrices étaient communiquées par le disque, et celui des courants glissant, par l'action de la gravité,

sur des parois fixes, la seule analogie est celle du choc entre les molécules liquides et les aspérités de la surface solide.

La formule (4) conduirait à une relation vraie entre U, R, et i, si l'on y substituait d'abord à V son expression en w, puis, à cette dernière vitesse, sa valeur en fonction de U, déduite des relations que j'ai exposées précédemment ; mais l'observation des vitesses du fluide en contact avec les parois ayant été généralement omise par les auteurs des expériences connues, nous ne pouvons ici exprimer V en fonction de w. Après le chapitre concernant l'évaluation du travail dynamique consommé par les mouvements intestins, j'exposerai une théorie complète de la résistance des parois des courants à régime uniforme.

80. — *Loi de l'influence de la résistance des parois sur le décroissement des vitesses.* — En vertu du théorème démontré au n° 73, nous avons, en général,

$$V - r = (V - w)\, F(y),$$

éliminant $(V - w)$ entre cette relation et l'expression

$$f = K\, R_1\, \delta\, (V - w)^2.$$

nous obtenons

$$V - r = \frac{1}{\sqrt{K\, R_1\, \delta}}\, \sqrt{f}\, .\, F(y).$$

En conséquence, *l'influence de la résistance des parois sur le décroissement des vitesses des nappes liquides à partir du filet principal, s'exerce proportionnellement à la racine carrée de l'intensité de cette résistance.*

Résistance intérieure.

81. — Occupons-nous maintenant de la résistance au mouvement relatif de translation de deux nappes consécutives d'un courant à régime uniforme : *l'intensité* de cette résistance sera désignée par φ.

De l'une à l'autre des deux nappes, il existe, entre les molécules dont elles sont respectivement composées, des actions mutuelles qui s'exercent suivant les lignes joignant entre elles chacune de ces molécules avec celles de la nappe voisine qui sont comprises dans la sphère des actions intermoléculaires : soient, à un instant quelconque, ψ la résultante de ces actions sur l'unité de surface fluide, et β l'angle qu'elle fait avec la direction du courant : en cet instant,

$$\varphi = \psi \cos \beta.$$

Or, l'intensité ψ et l'angle β sont des fonctions des distances intermoléculaires, distances qui varient d'un instant à l'autre par suite de la différence des vitesses des deux nappes ; les actions intermoléculaires sont des attractions, des forces répulsives, et des tensions intérieures d'élasticité analogues à celles dont on a mesuré les effets dans les corps solides, mais dont on ne connaît pas les lois pour les liquides ; en outre, nous ignorons l'étendue de la sphère d'activité de ces actions mutuelles ; en un mot, il serait actuellement impossible d'évaluer la résultante ψ sans avoir recours à des hypothèses trop incertaines (*).

(*) Les hypothèses peuvent être utiles comme moyen provisoire d'investigation, mais elles ne nous paraissent permises que lorsqu'on peut prouver qu'elles sont très-probables, en s'appuyant sur des résultats d'observation.

Pour obtenir des expressions de la composante longitudinale φ de cette force, il faut donc adopter une voie moins directe ; nous considérerons la résistance au mouvement relatif de deux nappes consécutives, comme faisant équilibre à la composante parallèle à cette résistance, du poids du cylindre fluide à formes diverses, limité par celle des deux nappes qui est intérieure à l'autre : le cas des tuyaux de conduite, et celui des courants découverts, seront traités successivement, puis, des expressions obtenues, nous déduirons une nouvelle propriété des courants à régime uniforme.

82. — *Tuyaux de conduite.* — Il résulte de mes recherches exposées dans la section III du troisième chapitre, que, pour ce cas,

$$(1) \qquad \varphi = \frac{32}{441}\,\delta\,\frac{R^3}{\gamma^2}\left(\frac{dv}{dy}\right)^2,$$

v et y étant la vitesse et le rayon de la nappe qui est intérieure à l'autre ; on a vu d'ailleurs que

$$\gamma = a + b\,R^{\frac{5}{2}},$$

les coefficients a et b ne dépendant que de la matière et, surtout, de la rugosité de la paroi.

En prenant les valeurs numériques de la quantité γ, que nous avons données pour les quatre tuyaux en fonte sans dépôts intérieurs, nous obtenons :

$\frac{R^3}{\gamma^2}$ — 0,000214 — 0,000388 — 0,000588 — 0,00109.

R — $0^m,094$ — $0^m,1224$ — $0^m,1485$ — $0^m,250$.

Lorsque le liquide conduit est de l'eau, on peut prendre

$\delta = 1000^k$, de sorte que le multiplicateur de $\left(\frac{dv}{dy}\right)^2$ a respectivement, pour les quatre rayons précités des tuyaux, les valeurs suivantes :

$$\frac{32}{441}\,\delta\,\frac{R^3}{\gamma^2} - 0{,}015528 - 0{,}028154 - 0{,}042666 - 0{,}079092.$$

L'expression générale du facteur qui exprime l'influence du rayon est, d'ailleurs,

$$\frac{1}{\frac{a^2}{R^3} + b^2 R^2 + 2\frac{ab}{\sqrt{R}}},$$

expression qui n'a pas, comme il paraîtrait à première vue, de minimum ni de maximum : on s'en assurera en égalant à zéro la première dérivée de cette fonction de R ; en effet, la valeur correspondante du rayon serait une imaginaire.

L'expression (1) de φ est très-différente de celles qui ont été proposées par de savants analystes, non-seulement au point de vue de l'influence du diamètre de la section fluide, mais encore à celui du facteur variable dans un même tuyau, partie que je considérerai principalement. D'après une hypothèse posée en 1822 par Navier sur la résistance au glissement relatif de deux filets voisins, le dernier facteur serait la dérivée $\frac{dv}{dy}$ et non son carré ; d'un autre côté, si l'on adoptait d'autres hypothèses que M. Boussinesq (*) a récemment ajoutées

(*) *Essai sur la théorie des eaux courantes*, Paris 1877.

à celle de Navier, ce facteur serait

$$\frac{1}{y}\frac{dv}{dy},$$

or, de l'une ou de l'autre de ces deux proportionnalités, on déduirait des lois de décroissement des vitesses, très-différentes de celle qui résulte, sans hypothèse, des expériences de M. Darcy et des considérations rationnelles que j'ai exposées : ainsi, d'après M. Boussinesq, l'exposant de y dans l'équation aux vitesses serait 3, tandis qu'il a été démontré que cet exposant doit être $\frac{3}{2}$. L'auteur suppose qu'un courant fluide est toujours le siège d'une *agitation tourbillonnaire*, puis que celle-ci se concentre, dans les tuyaux, à mesure que le rayon des surfaces fluides diminue, et, enfin que cet accroissement d'agitation a lieu dans le rapport de R à y : or, l'existence de tourbillons intérieurs, loin d'être un effet inhérent aux courants glissant sur des parois, paraît exiger que le mouvement du fluide en contact avec les aspérités ne soit pas des plus lents ; en outre, si les tourbillons excités dans la zône troublée se propagent vers l'intérieur du courant, on ignore suivant quelle loi. L'idée d'une agitation tourbillonnaire a pu être suggérée par des observations faites dans des courants découverts près de notables obstacles comme les piles des ponts, ou dans des parties irrégulières des cours d'eau rapides, principalement en temps de grandes crues ; mais le régime uniforme est plus calme, et c'est un de ses avantages pratiques, au double point de vue de l'économie du travail moteur et de la conservation des rives en matières érosibles.

83. — *Expression de φ, pour les canaux et rivières.* — Dans les courants découverts, des cylindres liquides (*) ont une portion de leur surface en contact avec l'atmosphère, mais la partie en contact avec l'eau est toujours beaucoup plus étendue ; la première décroît d'ailleurs jusqu'à devenir nulle pour les cylindres liquides entièrement intérieurs : en outre, même à égalité de superficie, la résistance tangentielle qu'un fluide d'une mobilité telle que celle de l'air, peut opposer au mouvement d'une surface liquide parfaitement lisse, est négligeable devant celle qui provient principalement de la cohésion de l'eau. En conséquence de ces considérations, nous pouvons poser la relation d'équilibre entre la résistance au mouvement d'un cylindre liquide et la composante longitudinale de son poids, sans tenir compte de la quantité extrêmement faible que le contact avec l'atmosphère peut ajouter à cette résistance, quand il a lieu : soit, en général, r_1 le quotient de l'aire de la section d'un cylindre liquide par le périmètre en contact avec la nappe suivante du côté des parois, je poserai, d'après ce qui vient d'être dit,

$$\varphi = \delta r_1 i. \tag{2}$$

D'un autre côté, en différentiant l'équation

$$v = V + c - \mu \sqrt{i}\ \frac{z^2}{H^2} \tag{3}$$

que j'ai établie précédemment, nous avons, pour un courant déterminé,

$$\frac{dv}{dz} - 2\mu \sqrt{i}\ \frac{z}{H^2} = 0. \tag{4}$$

(*) Nous employons encore ici l'expression de cylindre, parce

L'élimination de i entre les équations (2) et (4) donne

$$\varphi = \frac{1}{4}\,\delta\,\frac{\mathrm{H}^4}{\mu^2}\,\frac{r_1}{z^2}\left(\frac{dv}{dz}\right)^2.$$

Comme, d'ailleurs,

$$\mu = \frac{\mathrm{V} - w + c}{\sqrt{i}},$$

en éliminant z^2 au rayon de l'équation (3) après avoir substitué cette valeur, nous voyons que l'expression précédente de φ équivaut à

$$(5)\qquad \varphi = \frac{1}{4}\,\delta\,\frac{\mathrm{H}^2}{\mu^2}\,(\mathrm{V} - w + c)\,\frac{r_1}{\mathrm{V} + c - v}\left(\frac{dv}{dz}\right)^2.$$

Le rapport de r_1 à $\mathrm{V} + c - v$ est variable dans un même courant, car, pour le cylindre liquide qui se réduit au filet principal, sa valeur est sensiblement nulle comme celle de r_1, et, pour le courant lui-même dont nous désignons le rayon moyen par R_1, elle est

$$\frac{\mathrm{R}_1}{\mathrm{V} + c - w},$$

w étant la vitesse du fluide en contact avec les parois ; mais, comme l'équation qui exprime la loi des vitesses est du premier degré en v, sa dérivée ne contient pas

que, dans les parties à régime uniforme des courants, les génératrices des nappes sont sensiblement parallèles entre elles.

cette variable, de sorte qu'il y a indépendance entre la variation du facteur

$$\frac{r_1}{V + c - v}$$

et celle de $\frac{dv}{dz}$: en conséquence, nous voyons que l'influence de la dérivée de la fonction qui représente le décroissement des vitesses de translation, s'exerce encore ici proportionnellement au carré de cette dérivée. Sous ce rapport, nous constatons entre les canaux ou les rivières, et les tuyaux de conduite, en ce qui concerne l'intensité φ, une similitude de loi qui ne semblait pas exister, à en juger par la divergence des opinions qui ont été émises pour les diverses catégories de courants.

84. *Propriété générale.* Soient :

α la vitesse relative de deux nappes consécutives,

ρ la plus petite longueur des distances variables entre les molécules qui composent respectivement ces nappes :

De la première à la seconde du côté des parois, y devient dans les tuyaux, $y + \rho$, et, dans les canaux, z devient $z + \rho$, attendu que toutes les nappes liquides coupent normalement la tranche du *thalweg* : en conséquence, d'après la série fondamentale de Taylor, v devient

$$\text{soit} \quad v - \frac{dv}{dy}\rho, \qquad \text{soit} \quad v - \frac{dv}{dz}\rho,$$

en négligeant les termes de cette série, qui seraient affectés des puissances de ρ supérieures à la première ; le dernier facteur des expressions (1) et (5) de φ est donc

égal à $\frac{\alpha^2}{\rho^2}$, et nous pouvons poser le théorème suivant :

Dans les courants liquides à régime uniforme, l'influence de la vitesse relative de deux nappes consécutives sur l'intensité de la résistance à leur mouvement relatif de translation, s'exerce proportionnellement au carré du rapport de cette vitesse relative à la plus courte des distances variables qui ont lieu, de l'une à l'autre des deux nappes, entre les molécules dont elles sont respectivement composées.

Le rapport $\frac{\alpha}{\rho}$ peut d'ailleurs être considéré comme la valeur de la vitesse relative, qui serait estimée en prenant pour unité de mesure la plus courte des distances intermoléculaires.

Remarque. — J'ai démontré que les mouvements des molécules des courants sont, en général, périodiques, et il semble en résulter une périodicité de la résistance intérieure qui nous occupe ; à cet égard, nous ferons remarquer que, dans un même courant à régime uniforme, les périodes ne dépendent que des vitesses absolues, de sorte que leur différence doit être négligeable pour deux nappes immédiatement voisines, ce qui permet de regarder comme constante, la vitesse relative de ces deux nappes : cela posé, dans les tuyaux de conduite, l'intensité φ est indépendante du temps ; mais nous ne pouvons affirmer qu'il en soit ainsi pour les courants découverts, par suite de la différence des vitesse V et w, qui peut en entraîner une dans les périodes de ces deux vitesses. Ces considérations n'ont d'ailleurs qu'un intérêt purement théorique : au point de vue des *moyens mouvements* de translation, qui est celui qu'on doit adopter pour les applications, les

vitesses sont constantes, et la formule (5) exprime une *moyenne valeur* de φ.

Section III.

Notions concernant les quantités de mouvement et les forces vives des courants liquides à régime uniforme, et le travail moteur de la gravité.

83. — Continuant à réserver pour des études spéciales les bifurcations, et les coudes dont le rayon de courbure n'est pas très-grand par rapport à la largeur du courant, je désignerai par :

Ω, U et δ la section transversale, la vitesse moyenne, et la densité d'un courant,

l une longueur sur laquelle on peut considérer son régime comme uniforme, et sa direction comme rectiligne,

ω l'aire de la section d'un cylindre liquide composé, comme le courant, de nappes minces ayant pour directrices les courbes d'égale vitesse, aire qui croît d'une manière continue, depuis le filet principal où l'on peut la regarder comme nulle, jusqu'aux parois,

v la vitesse de translation d'un élément de volume $l\,d\,\omega$.

86. — *Quantités de mouvement de translation.* — Nous considérons d'abord celle qui a lieu dans l'espace : pour l'élément de volume précité, cette quantité de mouvement est

$$\frac{\delta\, l\, d\,\omega}{g}\, v$$

pour chaque cylindre liquide

$$\frac{\delta\, l}{g}\int_0^{\omega} v\, d\omega$$

et, pour le courant tout entier, sur une longueur l,

$$\frac{\delta\, l}{g}\int_0^{\Omega} v\, d\omega = \frac{\delta\, \Omega\, l}{g}\, U,$$

le produit $v\, d\omega$ étant le volume liquide qui passe, dans l'unité de temps, par l'élément de section, et de Ω U étant le débit total du courant dans le même temps.

En se rappelant la définition de la nappe principale, et l'égalité, démontrée précédemment, entre la vitesse moyenne U et la vitesse de translation du centre de gravité d'un volume liquide $l\,\Omega$, on voit que

La quantité de mouvement de translation dans l'espace, des parties à régime uniforme des courants, est égale au produit de leur masse par la vitesse de translation de leur centre de gravité, ou par celle de leur nappe principale.

La première partie de ce théorème montre que la quantité de mouvement dont il s'agit est indépendante des actions mutuelles ou des différences de vitesse des nappes, cette indépendance existant, en vertu d'un principe général de Mécanique, pour le mouvement du centre de gravité.

87. — Je nommerai *quantité de mouvement relatif*, celle du mouvement des nappes qui composent le volume $l\,\Omega$ par rapport à son centre de gravité: pour l'élément de

volume $l\,d\omega$, cette quantité est

$$\frac{\delta\, l\, d\omega}{g}\,(v - \mathrm{U}),$$

de sorte que, pour le courant tout entier, sur la longeur l, nous avons

$$\frac{\delta\, l}{g}\left(\int_0^{\Omega} v\, d\omega - \mathrm{U}\int_0^{\Omega} d\omega\right),$$

c'est-à-dire une valeur nulle. Or, à l'exception de la nappe principale, la quantité de mouvement relatif de chaque élément de volume ou de chaque nappe fluide, n'étant pas nulle, ce résultat prouve que la somme des quantités analogues prise pour la région du courant dans laquelle les différences $v - \mathrm{U}$ sont positives, se trouve numériquement égale à celle qui est afférente à l'autre région : comme, d'ailleurs, ces deux parties sont celles en lesquelles la nappe principale divise le courant, nous voyons que

Pour chacune des deux régions d'un courant séparées par sa nappe principale, la quantité de mouvement relatif considérée, soit par rapport à cette nappe, soit par rapport au centre de gravité, est la même en valeur absolue.

88.— *Quantité de mouvement totale.* — Pour exprimer cette quantité de mouvement, il faudrait, en toute rigueur, ajouter à celle du mouvement de translation, la somme algébrique des quantités de mouvement correspondant aux tourbillons qui peuvent être engendrés au contact des aspérités des parois, aux déviations occasionnées par ces

aspérités, et à celles qui sont dues aux communications latérales de mouvement qui ont lieu, à l'intérieur des courants, comme je l'ai constaté, dans le sens des plus petites aux plus grandes vitesses de translation. Or, je ferai remarquer d'abord que, dans un tourbillon, les composantes des quantités de mouvement soit parallèles, soit normales à la direction du courant, sont, deux à deux de signes contraires et égales entre elles ou extrêmement peu différentes ; quant aux déviations de tout genre, des molécules fluides, leurs composantes parallèles au courant contribuent à la quantité de mouvement de translation, et en ce qui concerne les composantes normales, si l'on conçoit des plans traversant la masse liquide d'une paroi à l'autre en passant par le filet principal, dans les deux parties de chacun de ces plans séparées par ce filet, les composantes dont il s'agit sont, au moins en partie, deux à deux, de sens contraires : en conséquence de ces considérations, la somme algébrique précitée ne peut être que très-faible, et négligeable devant la quantité de mouvement de translation, dans tous les cas de la pratique, cas où la section des courants n'est pas très-petite. Nous pouvons donc dire que

La quantité de mouvement totale des parties à régime uniforme de la masse liquide des canaux, des rivières et des tuyaux de conduite ordinaires, ne diffère que par une quantité négligeable, de leur quantité de mouvement de translation.

89. — *Corollaire.* — On voit qu'à égalité de densité les quantités de mouvement de divers courants qui ont le même débit, sont sensiblement égales entre elles, quelles que soient la figure géométrique de leur section et la rugosité de leurs parois.

Forces vives.

90. — La force vive de translation dans l'espace, d'un élément de volume $l\,d\omega$ est

$$\frac{\delta\, l\, d\omega}{g}\, v^2,$$

donc, en remplaçant v^2 par la quantité équivalente $(V-v)^2 + 2Vv - V^2$, dans laquelle V est la vitesse du filet principal, et désignant par F_p la force vive de translation du courant sur la longueur l, nous avons

(1)
$$F_v = \frac{\delta\, l}{g}\left[\int_0^{\Omega}(V-v)^2\, d\omega + 2V\int_0^{\Omega} v\, d\omega - \Omega V^2\right].$$

or

$$2V\int_0^{\Omega} v\, d\omega = 2\,\Omega\, U\, V$$

et, par conséquent,

(2) $$F_v = \frac{\delta l}{g}\left[2\,\Omega UV - \Omega V^2 + \int_0^{\Omega}(V-v)^2\, d\omega\right].$$

D'un autre côté, en vertu de l'un des théorèmes que j'ai établis précédemment,

(3) $$V - v = (V-w)\, f(y),$$

y étant, pour les tuyaux de conduite comme pour les canaux et les rivières, la distance verticale au filet principal, du point d'intersection d'une nappe liquide dont la

vitesse est v, et de la tranche longitudinale du thalweg ; w désignant d'ailleurs la vitesse du fluide en contact avec les parois ; donc,

$$\int_0^{\Omega} (V - v)^2 \, d\omega = (V - w)^2 \int_0^{\Omega} f(y)^2 \, d\omega.$$

Or, d'après les expressions que j'ai déterminées, de $f(y)$, cette fonction se réduit à zéro, comme ω, pour $y = o$; de sorte que, en désignant par y' la plus grande valeur de y, valeur qui correspond à la nappe de vitesse w, et représentant par B la quantité $f(y')^2$ qui est, pour chaque courant considéré, une constante, nous avons

$$\int_0^{\Omega} f(y)^2 \, d\omega = B\Omega.$$

Enfin pour la nappe principale, la relation (3) donne

$$V - U = (V - w) f(y_1), \tag{4}$$

y_1 étant la valeur de y qui correspond à cette nappe, et, si nous substituons à $2UV - V^2$ dans l'équation (2), la quantité équivalente $U^2 - (V - U)^2$, puis la valeur (4) de $V - U$, en désignant par A le carré de $f(y_1)$ qui est constant comme B, nous avons

$$2\Omega UV - \Omega V^2 = \Omega U^2 - A\Omega (V - w)^2.$$

En résumé, nous obtenons, pour expression de la force

vive de translation sur la longueur l,

$$(5) \qquad F_v = \frac{\delta \Omega l}{g} U^2 + (B - A) \frac{\delta \Omega l}{g} (V - w)^2,$$

expression dans laquelle B — A est toujours une quantité positive, attendu que $f(y')$ est nécessairement plus grande que $f(y_1)$. On voit que :

La force vive de translation des parties à régime uniforme des courants, est égale à la somme de deux quantités dont l'une est la force vive qui aurait lieu si tous les filets liquides avaient une vitesse égale à celle du centre de gravité, et dont l'autre est proportionnelle au produit de la masse liquide par le carré de la différence entre la vitesse du filet principal et celle de la nappe en contact avec les parois.

Dans le cas des tuyaux de conduite, le facteur B — A est un nombre invariable (*); pour les canaux et les rivières, ce facteur varie avec la profondeur des courants, en outre, il dépend des positions relatives du filet principal et de la ligne des centres de gravité des sections liquides.

Pour avoir la force vive totale, il faudrait ajouter à F_v celle des mouvements non translatoires; or, on ne pourrait actuellement calculer cette dernière force vive, mais on peut s'assurer que, dans les cas ordinaires de la pratique, elle est relativement faible : en effet, dans ces cas, la *zône troublée*, où les mouvements intestins ont la plus grande valeur, a une masse très-petite par rapport à celle des courants : quant à leur partie principale, ou

(*) $f(y) = \left(\frac{y}{R}\right)^{\frac{3}{2}}$; $y' = R$; $y_1 = 0{,}6887\ R$; d'où il résulte $B = 1{,}00$, $A = 0{,}327$ et $B - A = 0{,}673$.

non troublée, concevons la vitesse u de chaque molécule de masse μ suivant sa trajectoire réelle dans l'espace, comme décomposée en deux autres dont l'une est la vitesse de translation ou parallèle au mouvement du centre de gravité du courant, et dont l'autre $u \sin \alpha$ serait normale à cette direction ; nous avons, pour la force vive des mouvements non translatoires,

$$\Sigma \mu\, u^2 \sin^2 \alpha,$$

or, dans les parties à régime uniforme des courants, les angles α que les directions des trajectoires absolues des molécules font avec celle de la translation, sont faibles, de sorte que les carrés des sinus sont des quantités très-petites, et que les forces vives $\mu\, u^2 \sin^2 \alpha$ sont négligeables devant celles de translation, ou $\mu\, u^2 \cos^2 \alpha$.

91. — *Notions concernant la région initiale.* — Entre la surface liquide dans la section où le régime d'un courant commence à être uniforme, et la surface horizontale dans le bief alimentaire d'amont où les molécules partent du repos, il se produit une *chute initiale* Z dont il serait important de connaître la loi, pour l'établissement des canaux et des tuyaux de conduite. Cette chute est la somme de trois autres dont la première h_1 est employée pour vaincre l'inertie que le fluide oppose à la translation, la seconde h_2 pour vaincre la résistance des parois *de la région initiale* précitée, et la troisième, h_3 pour engendrer les mouvements intestins. La première est, de beaucoup, la plus considérable, et l'on peut en obtenir l'expression : à cet effet, nous remarquerons que le travail moteur $\delta \omega / h_1$ est égal à $\frac{1}{2} F_v$, et que,

par conséquent,

$$(6) \qquad h_1 = \frac{U^2}{2g} + (B - A)\frac{(V - w)^2}{2g}.$$

On voit que

Quand une masse liquide au repos est transformée par la gravité en courant à régime uniforme, la partie de la chute motrice qui est employée à vaincre l'inertie opposée par le fluide au mouvement de translation, est égale à la hauteur due à la vitesse communiquée au centre de gravité, plus (*) *une quantité proportionnelle à la hauteur due à la vitesse relative du filet principal du courant et de la nappe en contact avec ses parois.*

D'après ce qui vient d'être dit au sujet de la force vive correspondant aux mouvements intestins, la partie h_3 de la chûte Z pourrait être regardée comme relativement négligeable : quand à h_2, on ne saurait actuellement l'évaluer avec exactitude, car les données que l'on possède sur la résistance des parois se rapportent au régime uniforme, tandis que tout varie d'un point à un autre de la longueur de la région initiale, longueur dont il faudrait d'ailleurs connaître la loi pour les différents cas qui peuvent se présenter. Dans celui des tuyaux de conduite, il est facile de calculer *à priori* la charge sur l'orifice d'écoulement situé à l'origine de ces tuyaux, puisqu'on connaît le volume liquide à fournir ; mais il faut remar-

(*) L'excès de h_1 sur $\frac{U^2}{2g}$, et celui de F_v sur $\frac{\delta\Omega l}{g} U^2$, prouvent que, dans la région intérieure à la nappe principale, région où les vitesses sont supérieures à U, la force vive de translation est toujours plus grande que celle de la partie comprise entre cette nappe et les parois.

quer que, depuis cet orifice jusqu'à la section où commence le régime uniforme, il se produit, même en l'absence de toute différence de dimensions transversales, une région initiale d'un autre genre que celle des canaux, attendu que la loi de distribution des vitesses est nécessairement modifiée : à cette sorte de région initiale doit correspondre une perte de chute différente de celle qui a lieu dans la partie à régime uniforme du courant (*).

92. — *Force vive de translation relative.* Je nomme ainsi la force vive des parties à régime uniforme des courants, qui correspond aux mouvements de leurs nappes par rapport à leur centre de gravité, ou à la nappe principale dont la translation est égale à celle de ce point. Parallèlement à la direction de cette translation, les vitesses qui, composées avec celle U du centre de gravité, donnent celles v des nappes, sont $\pm (v - U)$, ou les vitesses relatives que nous considérons ici ; donc, en vertu d'un principe général de Mécanique dont la première démonstration est due à l'illustre Lagrange (**), la force vive relative est égale à l'excès de F_v sur la force vive correspondante à la masse fluide supposée concentrée au centre de gravité, c'est-à-dire, d'après l'équation (5), à

$$(B - A)\frac{\delta \Omega l}{g}(V - w)^2.$$

(*) La distinction que nous établissons ici paraît avoir échappé à M. Darcy, et cette considération jointe à celle des oscillations continuelles des colonnes piézométriques au moyen desquelles le savant ingénieur a mesuré les pertes de chute sur l'unité de longueur, donne lieu de regarder comme incertaines celles qui sont très-faibles.

(**) *Mécanique analytique*, 2e partie.

Or, la différence $V - w$ est égale à la somme des vitesses relatives des nappes consécutives, vitesses considérées de l'une à l'autre, et, par conséquent,

La force vive de translation relative des parties à régime uniforme des courants, considérée, soit par rapport à leur centre de gravité, soit par rapport à leur nappe principale, est proportionnelle au produit de leur masse par le carré de la somme des vitesses relatives des nappes consécutives prise depuis le filet principal jusqu'aux parois.

Expressions du travail moteur.

93.— Soit T_m la quantité de travail moteur dépensée, dans l'unité de temps, sur une partie à régime uniforme de longueur l : cette quantité est le produit du poids $\delta \Omega U$ du liquide que le courant transporte ou *débite* dans ce temps, par la chute li qui a lieu sur la longueur l; on a donc, pour première expression,

$$T_m = \delta \Omega U li.$$

Or, j'ai montré que $i = K (V - w)^2$, donc

$$(6) \qquad T_m = K \delta \Omega U l (V - w)^2;$$

on a vu d'ailleurs que le facteur K, constant pour chaque courant, varie de l'un à l'autre avec la rugosité des parois, la largeur et la profondeur de la section liquide, et même avec la figure géométrique de cette section, puisqu'elle influe sur les positions relatives du centre de gravité et du filet principal. En conséquence,

Le travail moteur dépensé, dans l'unité de temps, sur l'unité de longueur d'un courant liquide à régime

uniforme, est proportionnel au produit du poids du fluide débité pendant ce temps, par le carré de la somme des vitesses relatives des nappes consécutives prise depuis le filet principal jusqu'aux parois.

Enfin, en vertu de la relation générale

$$V - v = (V - w)\, f(y),$$

nous avons

$$(V - v)^2 = \frac{1}{A}\,(V - U)^2,$$

d'où, pour la troisième expression du travail moteur,

$$T_m = \frac{K}{A}\,\delta\,\Omega\,U\,l\,(V - U)^2, \tag{7}$$

expression dans laquelle V — U peut être regardée comme la somme des vitesses relatives des nappes consécutives, prise depuis le filet principal jusqu'à la nappe principale.

Corollaire. — Soient, sur une longueur l, F_r la force vive de translation relative, et R_p la résistance des parois, nous avons

$$F_r = (B - A)\,\frac{\delta\,\Omega\,l}{g}\,(V - w)^2,$$

donc, en conséquence de l'équation (6),

$$F_r = \frac{B - A}{Kg} \cdot \frac{T_m}{U}.$$

Or, $R_p = \delta\,\Omega\,l\,\imath$, d'où $T_m = R_p\,U$, et l'on voit que

La force vive de translation relative des parties à régime uniforme d'un courant, est proportionnelle à la résistance de leurs parois.

CHAPITRE V.

NOTIONS GÉNÉRALES CONCERNANT LES MOUVEMENTS INTESTINS ET LE TRAVAIL INTERMOLÉCULAIRE DES SYSTÈMES MATÉRIELS.

Définitions et propriétés.

94. — Les forces appliquées aux corps produisent, dans la plupart des cas, des déplacements relatifs de leurs molécules, et ces déplacements, que je nomme *mouvements intestins*, ont des conséquences diverses, souvent importantes ; celle qui nous occupera principalement est la dépense de travail moteur nécessitée par le *travail intermoléculaire* ; je nommerai ainsi le travail résistant intérieur qui résulte des actions mutuelles et des réactions d'inertie des molécules.

Le travail intermoléculaire et les mouvements intestins peuvent être classés sommairement en trois catégories dont la première correspond aux variations sensibles des dimensions ou de la forme des corps, la seconde à des modifications de leurs propriétés, et la troisième, aux déplacements relatifs intérieurs qui peuvent avoir lieu sans que l'un ou l'autre de ces changements en soit une conséquence nécessaire.

95. — Les mouvements intestins que nous comprenons dans la dernière catégorie sont : 1° les tourbillons intérieurs des masses fluides ; 2° les ébranlements moléculaires qui peuvent n'avoir pas, au point de vue physique, d'autre résultat qu'un bruit ou un son ; 3° une partie des

mouvements intestins dus aux agents producteurs de la chaleur, savoir, ceux qui continuent à exister dans un corps après que toute cause de variation de température en a été écartée. Une *persistance* analogue peut être remarquée dans les autres mouvements intérieurs qui appartiennent à la troisième catégorie, après que leurs causes ont cessé d'intervenir ; ainsi, des tourbillons engendrés, soit dans les masses liquides, soit dans l'atmosphère, peuvent être transportés par un courant, loin de la région des actions excitatrices, sans que leur mouvement gyratoire soit détruit par les résistances tangentielles qui l'affaiblissent lentement : si la quantité de mouvement totale des ébranlements moléculaires excités en un point d'un corps par un choc ou un frottement, paraît diminuer beaucoup plus rapidement quand ces actions cessent d'avoir lieu, c'est parce qu'elle se dissémine dans la masse de ce corps, et même dans le milieu ambiant.

Ici, nous voyons une seconde propriété des mouvements intestins de la dernière catégorie, savoir la *propagation*, qui a également lieu dans le cas de la chaleur; quant aux tourbillons fluides, cette propriété se manifeste en diverses circonstances; ainsi, ceux que l'on peut observer à l'extrémité d'aval d'un solide plongé dans un courant suffisamment rapide, se propagent en donnant naissance à des couples successifs de tourbillons à rotations inverses (*).

(*) Cette propagation des mouvements tourbillonnaires, si différente de celle des vibrations, s'atténue rapidement quand le tourbillon primitif s'éloigne de la région où il a été excité ; l'action qu'il exerce alors sur le fluide ambiant paraît se réduire à une simple communication latérale de mouvement, et l'affluence de ce fluide suivant des trajectoires courbes fait augmenter le volume du tourbillon.

Dans les solides et les liquides, les mouvements intestins des deux premières catégories, n'ont pas la propriété de persistance, mais il n'en est pas de même pour les gaz, et nous remarquerons en même temps que ces corps ne présentent aucun indice, ni de structure interne, ni de viscosité.

Evaluation du travail intermoléculaire.

96. — Cette évaluation serait actuellement impraticable si nous la considérions directement et pour chacune des actions intérieures, par suite des limites des connaissances acquises relativement à ces actions ; mais les difficultés s'aplanissent si l'on évalue la partie du travail des forces extérieures qui est consommée dans le corps par les mouvements intestins, partie qui est égale, en quantité, à la somme des travaux intermoléculaires : la solution obtenue par cette voie suffit pour les applications pratiquement utiles.

Considérons d'abord le cas d'un mouvement de translation d'un corps dans l'espace, soit que ce mouvement ait lieu seul, soit qu'il fasse partie d'un mouvement composé, et concevons que les forces appliquées, ainsi que les déplacements, aient été décomposés parallèlement à trois axes orthogonaux fixes, OX, OY, OZ; soient parallèlement à l'un de ces axes, par exemple OX, et dans un instant quelconque;

dg_x le déplacement absolu du centre de gravité G du corps,

de_x celui du point d'application sur ce corps, de la composante φ_x d'une force appliquée φ dont les autres composantes sont φ_y et φ_z ;

$d\tau_x$ la partie du travail intermoléculaire qui peut être attribuée à φ_x ;

La quantité dg_x, égale à la projection sur l'axe OX, du chemin parcouru dans l'espace par le point G, étant indépendante des actions mutuelles des molécules du corps, a la même valeur que dans l'hypothèse où les positions relatives de ces molécules seraient invariables, l'intensité et la direction des forces appliquées étant d'ailleurs supposées les mêmes ; dans cette hypothèse, $d\tau_x$ serait nul, et le travail $\varphi_x\, de_x$ de la composante φ_x se réduirait à $\varphi_x\, dg_x$ puisqu'alors le mouvement de translation serait le même pour tous les points du corps : or, en l'état réel des choses, le travail intermoléculaire s'ajoute à ce dernier que les actions intérieures ne modifient pas, donc

$$d\tau_x = \varphi_x\,(de_x - dg_x).$$

Une égalité analogue a lieu d'ailleurs, parallèlement à chacun des axes OY et OZ.

Cela posé, si nous représentons par

$d\lambda_x$, $d\lambda_y$ et $d\lambda_z$ les projections respectives sur les trois axes fixes, des déplacements relatifs, par rapport au centre de gravité, des points du corps auxquels les forces sont appliquées ;

$\tau_1\ \tau_2\ \tau_3$ les quantités des travaux intermoléculaires des trois catégories, qui sont ou peuvent être effectués pendant une période déterminée du mouvement du corps, nous avons l'équation générale

$$(1)\quad \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 = \Sigma \int \varphi_x\, d\lambda_x + \Sigma \int \varphi_y\, d\lambda_y + \Sigma \int \varphi_z\, d\lambda_z,$$

chaque somme étant calculée entre des limites qui correspondent, l'une au commencement, et l'autre à la fin, de la période considérée. Le second membre de cette équation pourra d'ailleurs être développé, dans chaque

cas particulier, au moyen des relations exprimant les conditions qui le définissent, et les principes ou les notions acquises, qui sont applicables à ce cas. Je présenterai maintenant quelques observations.

97. — Parmi les forces appliquées ou leurs composantes, il peut en exister qui n'excitent pas directement de mouvements intestins, et alors, dans le développement de l'équation (1), les termes correspondants se trouveront nuls ; tel est le cas de la pesanteur, force appliquée au centre de gravité du corps ; cependant, il peut se présenter des cas où les actions dont il s'agit soient les causes d'un travail intermoléculaire, mais c'est indirectement en faisant naître des résistances ou des réactions auxquelles ce travail devra être attribué. On voit que, dans la relation précédente, il faut comprendre, parmi les forces appliquées au corps, les réactions extérieures, par exemple celle des appuis.

98. — Par suite de l'étroite connexion qui existe entre la variation de la quantité de chaleur d'un corps, et le travail intermoléculaire, ce dernier ne peut être produit, à moins de compensations entre des effets inverses, sans qu'une variation thermique ait lieu ; nous distinguerons deux cas : 1° en l'absence d'une autre cause, l'influence de cette variation sur la valeur du second membre de l'équation (1), se réduit à modifier les déplacements relatifs $\lambda_x\ \lambda_y\ \lambda_z$; comme, d'ailleurs, les valeurs des quantités $\int \varphi_x\, d\,\lambda_x$ ... etc. résulteront de la quadrature de courbes expérimentales (*), cette influence se trouvera comprise dans les déplacements observés. 2° Si le corps subit une

(*) Nous parlons ici à un point de vue général, mais, dans la plupart des cas pratiques, les opérations relatives à l'évaluation du travail intermoléculaire se simplifient beaucoup.

action calorique extérieure, cette action interviendra comme une force introduite dans le système dynamique appliqué, et l'on ajoutera au second membre de l'équation (1), un terme exprimant, suivant les règles de la thermodynamique, la quantité du travail correspondant.

99. — Nous avons, pour plus de généralité, supposé le corps en mouvement dans l'espace, mais le théorème exprimé par l'équation (1) est évidemment applicable au cas où un corps en repos reçoit des actions et réactions dont la résultante se trouve nulle, et dont les intensités, ou celle de l'une d'entre elles, sont suffisantes pour y produire un travail intermoléculaire, par exemple une compression.

100. — A des déformations succède, lorsque le corps devient libre, une période inverse de travail intermoléculaire dans laquelle les actions qui produisent directement des mouvements intestins, et que je nommerai, en général, *forces excitatrices*, sont intérieures : le théorème exprimé par l'équation (1) est applicable, rationnellement, à cette période comme à la précédente ; mais, dans l'état actuel de nos connaissances, on ne pourrait réaliser cette application, les déplacements relatifs intérieurs des molécules n'étant pas observables. Quant à égaler, lorsque le corps revient à sa forme primitive, le travail intermoléculaire de la seconde période à celui de la première, cette équivalence ne nous paraîtrait admissible que pour les gaz, attendu que, dans les solides et les liquides, il doit exister, par suite de la structure interne ou de la viscosité, des actions mutuelles qui interviennent comme résistances dans les deux périodes successives, et au travail desquelles s'ajoute, dans la première, celui de la force d'élasticité, force qui devient ensuite excitatrice.

101. — Je ferai enfin remarquer que l'on pourra

obtenir séparément l'évaluation d'un travail intermoléculaire correspondant à des mouvements intérieurs d'une catégorie déterminée, et, par suite, la connaissance de lois utiles, en appliquant l'équation générale à des cas dans lesquels les travaux intermoléculaires autres que celui qu'on voudra étudier, sont nuls ou évidemment négligeables.

Exemple d'application.

102. — Le théorème exprimé par l'équation (1) peut être utilement appliqué à des opérations mécaniques et à des phénomènes divers : prenons pour exemple la compression sans action brusque, d'une masse gazeuse m renfermée dans un cylindre vertical dont le rayon reste invariable; soient, dans un instant quelconque de cette opération,

y la longueur initiale de la colonne de gaz,

p la pression exercée sur l'unité d'aire par la surface inférieure S d'un piston,

$d\tau$ le travail intermoléculaire,

dq la quantité de chaleur transmise, ou enlevée, au gaz, par les parois qui le contiennent.

Dans l'instant considéré, le déplacement relatif de la surface d'application de la force Sp, par rapport au centre de gravité de la masse m, est $\frac{1}{2}\,dy$; la réaction du fond du cylindre est $Sp + mg$, et le centre de gravité se déplace de $\frac{1}{2}\,dy$ par rapport aux points d'application de cette force; enfin, le frottement du gaz sur la paroi latérale est relativement insignifiant, et le travail intermoléculaire des réactions de cette paroi est nul : en conséquence, l'application du théorème précité et des observations qui le sui-

vent, donne, pour chaque instant,

$$(2) \qquad d\tau = \mathrm{S}p\,dy + \frac{1}{2}\,mg\,dy \pm \mathrm{E}\,dq,$$

E étant le coefficient que l'on nomme équivalent mécanique de la chaleur.

Cela posé, soient y' et y'' les valeurs de y mesurées au commencement et à la fin de la période de compression; p' et δ la pression et la densité primitives; nous avons, en remarquant que $mg = \delta\,\mathrm{S}\,y'$

$$(3) \qquad \tau = \mathrm{S}\int_{y''}^{y'} p\,dy + \frac{1}{2}\,\delta\,\mathrm{S}y'\,(y' - y'') \pm \mathrm{E}q.$$

En employant un des instruments indicateurs que Watt a inventés pour l'étude des pressions dans les cylindres et dans les condenseurs des machines à vapeur, instruments qui, perfectionnés d'après des idées fondamentales émises en 1831 par Poncelet (*), traceraient le diagramme des pressions intérieures correspondantes aux déplacements du piston, on obtiendrait par une quadrature la valeur du premier terme de l'expression (3) de τ. Lorsque la variation thermique q, due au contact des parois, est nulle ou très-faible, et que la compression du gaz reste inférieure à celle qui modifierait le groupement des molécules, le diagramme précité n'est pas nécessaire; en effet, si, d'une part, les attractions intermoléculaires tendent à faire augmenter la compressibilité avec l'état de compression, d'autre part, l'accroissement de chaleur dû

(*) *Cours de mécanique appliquée aux machines*, section VII.

à cette compression tend à produire un effet inverse (*), de sorte que, dans beaucoup de cas, on peut se borner à appliquer la loi de Mariotte, ce qui donne

$$S\int_{y''}^{y'} p\,dy = p'\,Sy'\ \text{log. nép.}\ \frac{y'}{y''}.$$

Travail intermoléculaire dans un système de plusieurs corps.

103. — On pourra appliquer le théorème précédemment établi, à un système de plusieurs corps ou organes, en considérant chacun de ces corps successivement, dans l'ordre de la transmission du mouvement, puis on fera la somme des quantités exprimées. Dans cette somme se trouveront les travaux intermoléculaires dûs aux actions que deux corps consécutifs exercent l'un sur l'autre, et que je nommerai *actions mutuelles extérieures;* or, l'évaluation de chacun de ces travaux nécessite quelques considérations que je vais présenter. Soient, parallèlement à l'un des trois axes fixes de coordonnées, OX par exemple, et dans un instant dt,

X l'intensité de la composante de l'action mutuelle extérieure de deux corps consécutifs; d_ε et d_ε' les déplacements que les points d'application de cette force subissent, respectivement, dans l'un et dans l'autre de ces corps, par rapport à son centre de gravité,

(*) Dans les expériences que j'ai effectuées en 1853, sur l'élasticité du caoutchouc vulcanisé, j'ai reconnu que la compressibilité de cette substance, après avoir augmenté avec la compression, atteint un maximum, puis diminue ; or, ce fait ne pouvait être dû qu'à l'accroissement de chaleur, car il se produisait avant que l'élasticité inhérente à la constitution du corps fût sensiblement altérée.

w_x et w_x' les composantes des vitesses de ces points ; u_x et u'_x celles des vitesses des deux centres de gravité, u_x représentant la plus grande quand elles sont inégales,

$d\tau_x$ le travail intermoléculaire de la force X.

D'après le théorème précité, les composants de ce travail sont X $d\varepsilon$ dans l'un des corps, et X $d\varepsilon'$, dans l'autre, donc,

$$(4) \qquad d\tau_x = X\,(d\varepsilon + d\varepsilon'),$$

nous avons d'ailleurs

$$d\varepsilon = \pm\,(u_x - w_x)\,dt, \quad \text{et} \quad d\varepsilon' = \pm\,(u'_x - w'_x)\,dt,$$

d'où, en substituant dans l'équation (4)

$$(5) \qquad d\tau_x = X\,[(u_x - u'_x)\,dt \pm (w_x - w'_x)\,dt],$$

puisque u_x désigne la plus grande des deux vitesses des centres de gravité. Cela posé, je ferai remarquer que le travail $d\tau_x$ correspond à une somme d'effets physiques produits dans les deux corps, de sorte que sa valeur ne doit, dans aucun cas, se trouver une différence des deux travaux intermoléculaires ; en conséquence, les signes à adopter dans les expressions de $d\varepsilon$ et $d\varepsilon'$, doivent être déterminés de manière que les composants X $d\varepsilon$ et X $d\varepsilon'$ soient tous deux positifs. Dans le cas des organes des machines, par exemple, pour deux organes consécutifs, les vitesses composantes sont de même sens, et les différences telles que $u_x - w_x$, $u'_x - w'_x$, sont généralement de signes contraires, de sorte qu'il faut prendre

$$d\varepsilon' = (w'_x - u'_x)\,dt, \text{ avec } d\varepsilon = (u_x - w_x)\,dt,$$

d'où il résulte, parallèlement à l'axe OX,

$$(6) \qquad d\tau_x = X\,[(u_x - u'_x) + (w'_x - w_x)]\,dt.$$

Au point de vue général, une relation analogue à l'équation (5) a lieu parallèlement à chacun des trois axes fixes. Le problème est maintenant réduit à une question d'intégration, car, celle-ci étant résolue, on aura pour le travail intermoléculaire de l'action mutuelle extérieure de deux corps consécutifs,

$$\tau = \tau_x + \tau_y + \tau_z.$$

104. — *Corollaire.* — Il peut être utile de connaître particulièrement la quantité du travail intermoléculaire effectué dans la direction de la normale aux surfaces de contact de deux corps ; à cet effet, on prendra l'axe OX parallèle à cette direction, et l'on remarquera qu'alors $w_x = w'_x$, de sorte que, d'après l'équation (6), la quantité de travail dont il s'agit est, dans chaque instant, *égale au produit de l'intensité de la composante de l'action mutuelle extérieure par le déplacement relatif des deux centres de gravité dans sa direction.*

A titre d'application, supposons qu'une masse m' au repos, soit choquée par une masse m libre, mais animée d'un mouvement normal à la surface de contact, et désignons par v et v' les vitesses respectives des deux centres de gravité au commencement d'un instant quelconque dt de la première période du choc : l'intensité de l'action mutuelle extérieure est, dans cet instant,

$$m \frac{dv}{dt} = m' \frac{dv'}{dt},$$

de sorte que, en vertu du corollaire précédent,

$$d\tau = m (v - v') dv.$$

Cela posé, soient : V la vitesse primitive du centre

de gravité de la masse m, et U celle que les deux centres de gravité possèdent en commun à la fin de la période considérée, c'est-à-dire quand les déformations de deux corps sont entièrement accomplies, nous avons, pour la somme des travaux intermoléculaires des trois catégories, qui peuvent être effectués pendant cette période,

$$\tau_1+\tau_2+\tau_3 = m\int_U^V (v-v')\,dv = \frac{1}{2}\,m(V^2-U^2)-\frac{1}{2}\,m'\,U^2,$$

puisque $m\,dv = m'\,dv'$. Ce résultat vérifie la théorie précédente, car la perte de force vive survenue dans le système des deux masses, n'est due ici qu'à la transformation d'une partie du mouvement extérieur de l'une d'elles, en mouvements intestins. Dans la période suivante, où les deux corps tendent à reprendre leur forme primitive, la quantité de force vive extérieure restituée par voie de détente, ne dépend pas seulement de leur élasticité, car, par suite de la propriété de *persistance* signalée précédemment, les vibrations excitées dans la première période, et, si les corps sont fluides, les tourbillonnements, continuent à exister en s'affaiblissant lentement : on voit que, dans les machines où des chocs se produisent, les corps solides que l'on interpose doivent joindre à une grande élasticité, une autre propriété, savoir qu'à égalité de vitesse de choc, la force vive des vibrations moléculaires excitées soit un minimum : à ce point de vue, le caoutchouc sulfuré est le plus avantageux des intermédiaires; mais, pour que son élasticité ne soit pas altérée en peu de temps, il faut, d'après mes expériences, que l'intensité des réactions auxquelles il est exposé n'excède pas 14 kilogrammes par centimètre carré.

105. — *Observation générale.* — Au sujet de l'équation (5) et des deux relations analogues correspondant respectivement aux axes OY et OZ, je ferai remarquer que ces trois équations ne supposent pas le contact des corps, et que, par conséquent, elles sont applicables aux cas où l'action mutuelle extérieure s'exerce à distance. Le phénomène des marées, par exemple, peut être considéré comme résultant de deux travaux intermoléculaires de déformation, c'est-à-dire appartenant à la première catégorie de ma classification.

Indications relatives au mouvement de rotation d'un corps et remarques concernant les théories de la torsion.

106. — Dans les cas où l'on voudrait évaluer le travail intermoléculaire correspondant à un mouvement de rotation d'un corps, les forces qui contribuent à produire ce mouvement seraient décomposées tangentiellement et normalement aux arcs décrits par leurs points d'application : les chocs étant généralement évités, le travail intermoléculaire consiste, pour les composantes tangentielles, en une torsion du corps, et pour les composantes normales, en une déformation qui fait varier les longueurs des bras de levier des premières, et que l'on devrait considérer quand on se place à un point de vue général. En ce qui concerne les torsions, qui sont ordinairement assez limitées pour n'être pas accompagnées d'altérations notables des propriétés des corps, les théories connues fournissent les éléments du calcul, mais pour chaque instant quand les bras de levier varient réellement, ou lorsque les intensités des forces excitatrices ne sont pas constantes, et la difficulté paraît se réduire à celle des intégrations ; il en existe cependant une autre, savoir : l'inégalité de l'angle de torsion que les

théories précitées supposent le même en tous les points d'un corps homogène, tandis qu'en réalité, il diminue depuis les points d'application des forces jusqu'à l'axe; il varie même de l'un à l'autre de ces points, quand les actions appliquées ne sont ni égales entre elles, ni uniformément réparties, ce qui arrive fréquemment : pour les corps dont les dimensions transversales ne sont pas faibles il faudrait donc considérer un angle moyen que des séries d'expériences spéciales feraient connaître en fonction du déplacement angulaire que l'on mesure ordinairement. Enfin, dans le cas d'un mouvement continu de rotation, il faudrait distinguer la partie due à la torsion, des arcs décrits par les points d'application des forces, ce qui serait très-difficile dans les périodes où ces forces varient, et dans celles où le mouvement de rotation n'est pas uniforme, par exemple dans les périodes de mise en train des machines. Quant au travail intermoléculaire des composantes normales aux arcs décrits, il est dans chaque instant, égal, pour chacune d'elles, au produit de son intensité par le déplacement relatif, dans sa direction, de son point d'application par rapport au centre de gravité du corps, produit qui peut n'être pas négligeable lorsque ce corps est mou, ou lorsque ses dimensions transversales n'ont pas été suffisamment proportionnées aux efforts qu'il devait supporter.

Travail intermoléculaire qui accompagne le frottement des solides. Observations sur les expériences qui ont été faites pour déterminer la loi de ce frottement, et sur les conséquences qui en ont été déduites.

107. — Par l'effet de la pression que l'un des corps exerce sur l'autre, et de la réaction de celui-ci, les aspérités des deux surfaces en contact s'engrènent

mutuellement, de sorte que, dans le glissement, elles s'entrechoquent: lorsque la pression et la compressibilité des corps sont suffisantes, il peut même se produire une sorte de pénétration ou d'impression, surtout quand la surface de contact du corps qui glisse est relativement petite, et, alors, une partie de la résistance au glissement est celle qui est opposée au refoulement, par un bourrelet de la matière du corps dont la surface se trouve déprimée pendant le passage de l'autre. De chacune de ces deux causes, le choc et le refoulement, il résulte un ralentissement des molécules frottantes du corps qui se meut le plus vite, et une accélération de celles de l'autre corps; en conséquence, ces molécules superficielles se déplacent dans la masse à laquelle elles appartiennent respectivement, déplacement relatif qui se propage, en s'affaiblissant, à l'intérieur de cette masse.

108. — Dans les expériences qui ont été faites en 1780 par Coulomb, alors capitaine du Génie à Rochefort, et dans celles que M. Morin, capitaine d'Artillerie à Metz, exécuta en 1831 et 1832, un seul des corps était mobile, l'autre était fixé à une plate-forme horizontale; l'intensité du frottement a été conclue, en tenant compte de la réaction d'inertie, de celle de la traction exercée sur le mobile par un cordage passant sur une poulie de renvoi et supportant un poids moteur. Au lieu de la véritable intensité du frottement, on a obtenu un effort moyen dont la quantité de travail était égale à la somme des suivantes :

1° Le travail du frottement des deux surfaces en contact;

2° Celui de la résistance de l'air au mouvement de glissement;

3° La somme des quantités du travail intermoléculaire excité dans les deux corps;

4° Dans divers cas, le travail de la résistance à l'arrachement des aspérités des surfaces en contact, arrachement qui, lorsqu'il a lieu dans les machines, cesse de se produire après un temps peu prolongé d'usage.

Les deux dernières quantités étaient négligeables lorsque les surfaces en contact étaient lubrifiées au moyen d'un corps gras qui n'était pas expulsé par une pression considérable. L'eau tend à faciliter le glissement, mais elle peut produire un effet inverse en agissant chimiquement sur les métaux, ou en amollissant les bois. Lorsque les corps frottent sans enduit et à sec, si la vitesse de glissement ou la pression sont considérables, la quantité de chaleur qui se développe est l'indice d'un travail latent notable. Quoiqu'il en soit d'ailleurs, dans toutes les expériences, la résistance de l'air aurait dû être déduite, surtout dans celles de M. Morin, où le corps mobile était attaché au-dessous d'une grande caisse prismatique contenant des poids au moyen desquels on produisait les pressions. En résumé, les valeurs des coefficients de frottement données par cet auteur sont plus grandes que celles qui conviennent pour les machines en usage; mais l'excès en est peu notable dans les cas où, les pressions n'étant pas considérables, les surfaces sont lubrifiées par de l'huile ou des graisses.

109. — M. Morin a fait encore, postérieurement, des expériences concernant le frottement des tourillons : les corps étant polis, et généralement lubrifiés, et la résistance de l'air n'intervenant pas dans ces expériences, les coefficients de frottement auxquels elles ont conduit paraissent applicables aux tourillons des machines : toutefois, d'après quelques observations de M. Poncelet sur des laminoirs à tôle mûs par une roue hydraulique, ces coeffi-

cients seraient un peu trop grands pour les machines dont le travail se continue pendant longtemps sans interruption.

110. — Quant aux lois générales du frottement énoncées comme confirmant celles de Coulomb, si elles sont suffisamment approximatives lorsque les vitesses ne sont pas considérables, et quand la surface du corps mobile a une étendue suffisante pour que la pression ne soit pas capable de produire des dépressions dans la surface support, il n'est plus de même dans des conditions contraires. La sagacité de Coulomb l'avait conduit, malgré qu'il ne disposât pas de moyens d'observation très-précis, à faire les remarques suivantes: « lorsque les surfaces sont très-étendues relativement aux pressions, pour lors, le frottement paraît augmenter avec les vitesses. Mais, lorsque les surfaces sont très-petites relativement aux pressions, le frottement diminue à mesure que les vitesses augmentent (*) ». Nous pouvons d'ailleurs expliquer ces résultats au moyen des considérations présentées précédemment; en effet, quand la pression sur l'unité d'aire est assez faible, ou le corps pressé assez dur, pour qu'il ne se produise pas de dépression sensible dans la surface de ce corps, l'intensité du frottement dépend principalement des réactions excitées par les chocs des aspérités, réactions qui augmentent avec la vitesse relative ou de glissement : dans le cas contraire, les aspérités pénétrent de l'un des corps dans l'autre, de sorte qu'elles ne s'entrechoquent pas, et la résistance au glissement est celle de la matière que le mobile refoule devant lui : cette résistance est vraisemblablement indépendante de la vitesse pour une même pénétration ou dépression, mais celle-ci est d'au-

(*) *Théorie des machines simples* (Paris, 1782), page 41.

tant plus faible que le corps comprimant, toutes choses étant égales d'ailleurs, passe plus rapidement d'une partie de la surface relativement fixe à la suivante.

111. — *Nouveau procédé expérimental.* — Dans les expériences qui viennent d'être citées, le mouvement de glissement, partant d'une vitesse nulle, était accéléré ; or, ce cas ne se produit dans les machines que pour les organes à mouvements alternatifs, organes qui, d'ailleurs, passent successivement en sens contraires sur les mêmes surfaces fixes : cette dernière circonstance n'est pas indifférente ; en outre, les progrès de la construction des machines tendent à faire disparaître les mouvements de va-et-vient, pour les remplacer par des rotations continues à régime uniforme. Si l'on fait de nouvelles expériences pour déterminer les lois générales du frottement des solides, il faudrait se placer dans des conditions véritablement analogues à celles de la pratique; en outre, pour éviter les causes d'erreur que j'ai signalées précédemment, et obtenir que les résultats directs des expériences ne représentent que la valeur du frottement, on observera, non pas une force produisant le glissement de l'un des corps, mais celle qui est nécessaire pour le maintenir immobile malgré l'action du frottement de l'autre corps : celui-ci pourrait être boulonné sur une plate-forme circulaire à grand rayon posée sur des galets, et recevant d'une machine, un mouvement de rotation continu et uniforme, autour d'un axe fixe.

Observations concernant les théories de la résistance des matériaux.

112. — Dans les conditions où les théories ordinaires de la flexion, de la torsion, de l'allongement et

de la compression, sont applicables, les solides ne subissent, ni des actions brusques, ni des frottements capables d'y exciter de fortes vibrations ; en outre, l'élasticité n'est pas sensiblement altérée : les travaux intermoléculaires autres que celui de la première catégorie, étant ou nuls, ou négligeables dans ces conditions, le théorême exprimé par l'équation (1) du n° 96, fournit une expression du travail de déformation, de sorte qu'il serait utile de joindre cette expression aux considérations sur lesquelles s'appuient les théories précitées. On se convaincra de cette utilité en remarquant que, dans divers cas de la pratique, les phénomènes ne se bornent pas, comme on le suppose ordinairement, à un seul genre de déformation, et que notre principe du travail intermoléculaire est applicable aux cas les plus compliqués, comme à ceux où une flexion, une extension ou une compression, se produit seule.

113. — Il arrive souvent qu'une force appliquée dans le sens de la longueur d'un prisme ou d'un cylindre, y occasionne des contractions ou des renflements transversaux : à cet égard, le principe précité pourrait paraître en défaut, attendu que la composante de la force normalement à la longueur du solide, paraît être nulle. Pour montrer que cette imperfection n'existe pas, au moins au point de vue rationnel, je ferai remarquer l'analogie entre les déformations transversales des solides et les contractions des veines fluides libres : des contractions ont lieu dans celles-ci lors même que la force qui sollicite la masse fluide est parallèle à son axe, et la seule explication qui me paraisse admissible, réside dans la considération des *déplacements transversaux* (16) des molécules, provenant d'une inégalité de leurs déplacements longitudinaux; selon nous, *la communication la-*

térale intérieure du mouvement est un phénomène général qui a lieu dans les corps à l'état solide, comme dans les masses fluides; la force appliquée, en se transmettant à l'intérieur des corps, y subit, par suite des déplacements relatifs des groupes moléculaires et des liaisons mutuelles de ces groupes, des décompositions analogues, en quelque sorte, à celles que nous pouvons remarquer dans les machines. En conséquence, les composantes transversales d'une force appliquée longitudinalement ne sont pas nulles, et notre principe s'y appliquerait parfaitement; mais, comme l'existence de ces composantes est due à des groupements, à des mouvements intérieurs, et à des actions mutuelles dont nous ne connaissons pas suffisamment les lois, l'application de ce principe aux déformations transversales des solides serait actuellement impraticable, d'autant plus que ces déformations, pendant longtemps négligées ou même inaperçues, n'ont pas été l'objet d'expériences complètes.

(SUITE DU CHAPITRE IV.)

Section IV.

Travail intermoléculaire dans les courants liquides à régime uniforme.

114. — Les molécules des courants fluides subissant des déplacements transversaux, dans le sens des plus petites aux plus grandes vitesses de translation, il en résulte une tendance à la contraction transversale; cette tendance a un effet extérieur dans les veines liquides qui sont libres en aval des orifices, mais, dans les courants continus en contact avec des parois, aussitôt qu'une

molécule se déplace latéralement, elle est remplacée par une autre venant d'amont, de sorte que la forme et les dimensions extérieures des sections liquides ne s'en trouvent pas altérées, et que, dans le cas du régime uniforme, les mouvements intestins et le travail intermoléculaire appartiennent à la troisième catégorie.

Force excitatrice. — L'action de la gravité s'exerçant, avec une même intensité et parallèlement à une même direction, sur toutes les molécules d'un courant, les mouvements intestins ont pour cause extérieure la résistance des parois.

115. — *Première expression du travail intermoléculaire.* — Considérons une partie à régime uniforme d'un courant, et désignons par

L la longueur de ce corps liquide,

U la vitesse de son centre de gravité,

S le périmètre mouillé des parois, obtenu, suivant l'usage, au moyen de mesures de dimensions qui ne tiennent pas compte de l'augmentation due aux aspérités,

c un coefficient de rugosité,

w la vitesse du liquide en contact avec les parois,

f l'intensité, sur l'unité de surface, de la résistance que ces parois opposent au mouvement de translation du courant,

τ le travail intermoléculaire effectué dans l'unité de temps.

Dans ce temps, le chemin parcouru par les points d'application de la force excitatrice $cSLf$, est w, suivant la direction de cette force; donc, en vertu du principe que j'ai établi précédemment, le travail intermoléculaire est égal au produit

$$(1) \qquad cSLf\,(U - w);$$

on se rappellera d'ailleurs que j'ai démontré (72) que la vitesse de translation du centre de gravité du corps liquide est égale à la vitesse moyenne du courant.

116. — *Remarque concernant les érosions.* — Lorsqu'on établit un canal en terre ou en sable, on lui donne généralement une section transversale assez grande pour que les vitesses w ne puissent pas occasionner un entraînement de la matière des parois : dans le cas contraire, ou s'il s'agissait d'une rivière produisant des érosions, il faudrait substituer à f, dans l'expression (1), la résistance r à l'entraînement, et retrancher de cette expression la moitié de la force vive communiquée à la masse m de matière solide déplacée dans l'unité de temps, c'est-à-dire qu'on aurait pour le corps liquide,

$$\tau = c\mathrm{S}\mathrm{L}r\,(\mathrm{U} - w) - \frac{1}{2}\,m w^2.$$

En ce qui concerne l'expression (1), il est facile d'éviter le calcul, encore douteux, de f; à cet effet, on remarquera que $\mathrm{L}i$ est la perte de chute sur la longueur du corps liquide, de sorte que, Ω désignant la section de ce corps, et δ sa densité, on a, puisqu'il s'agit du régime uniforme, la condition d'équilibre

$$c\mathrm{S}f = \delta\Omega i,$$

et, par conséquent,

$$\tau = \delta\Omega\mathrm{L}i\,(\mathrm{U} - w), \tag{2}$$

c'est-à-dire que *le travail intermoléculaire effectué, dans l'unité de temps, dans un courant liquide à régime uniforme, est égal au produit de la composante longitudinale du poids de ce courant, par la différence entre la vitesse*

moyenne et la vitesse du fluide en contact avec les parois.

117. — *Travail intermoléculaire latent dans un cylindre liquide intérieur.* — Considérons maintenant un cylindre (*) intérieur, limité par une nappe N dont la vitesse est v : soient

ω l'aire de la section transversale de ce corps,

u la vitesse de son centre de gravité, égale à sa vitesse moyenne,

τ_1 son travail latent dans l'unité de temps.

Notre principe général est évidemment applicable à un cylindre intérieur quelconque et à la résistance, égale à $\delta\omega \mathrm{L}i$, qui s'exerce sur sa surface relativement extérieure, donc

$$\tau_1 = \delta\omega \mathrm{L}i\,(u - v). \tag{3}$$

Nous pouvons d'ailleurs vérifier ce résultat : en effet, la partie du travail moteur $\delta\omega \mathrm{L}iu$ qui est dépensée pour produire et entretenir les mouvements intestins, est nécessairement égale à l'excès de ce travail sur celui de la résistance $\delta\omega \mathrm{L}i$ exercée à la surface du cylindre, résistance dont les points d'application parcourent un chemin r, et cette considération donne bien l'expression (3).

Dans un courant liquide à régime uniforme, le travail latent effectué à l'intérieur d'un cylindre quelconque limité par une nappe d'égales vitesses, a pour mesure le produit de la composante longitudinale du poids de ce cylindre, par le déplacement relatif, dans le temps considéré, d'un point quelconque de sa surface par rapport à son centre de gravité, parallèlement à la translation.

118. — Si l'on considère, en particulier, le cylindre intérieur limité par la nappe principale, on a $v = \mathrm{U}$, et

(*) Nous employons cette dénomination parce que les génératrices des nappes sont parallèles entre elles.

nous voyons que *le travail latent du cylindre liquide limité par la nappe principale, est égal au produit de la composante longitudinale du poids de ce cylindre par le déplacement relatif de son centre de gravité et de celui du courant.*

119. — *Deuxième expression du travail intermoléculaire.* — D'après l'un des principes que j'ai établis, on a, en général, entre la vitesse U, celle V du filet principal, et celle w de la nappe en contact avec les parois, la relation

$$U = V - C(V - w), \tag{4}$$

C désignant un facteur dont la valeur est constante pour un même courant : or, en substituant dans la relation (2) cette expression de U, nous avons, pour la quantité totale du travail intermoléculaire effectué dans l'unité de temps,

$$\tau = \delta \Omega L i (1 - C)(V - w). \tag{5}$$

D'un autre côté, en vertu de la loi générale des pertes de chute établie au n° 74,

$$i = K(V - w)^2,$$

K étant, comme C, un facteur constant pour un même courant : en conséquence,

$$\tau = K(1 - C)\,\delta \Omega L (V - w)^3, \tag{6}$$

c'est-à-dire que

Dans un courant liquide à régime uniforme, la quantité totale du travail intermoléculaire effectué dans l'unité de temps, est proportionnelle au produit du poids de ce courant par le cube de la différence entre la vitesse du filet principal et celle de la nappe en contact avec les parois.

120. — *Rapport du travail intermoléculaire au travail moteur dépensé.* Soit ζ la partie de la perte de la chute sur l'unité de longueur, qui est occasionnée par les mouvements intestins d'un courant : la partie du travail moteur qui est transformée, dans l'unité de temps et sur l'unité de longueur, en travail latent, peut être exprimée par le produit $\delta\omega U\zeta$, puisque $\delta\omega U$ est le poids du fluide qui s'écoule dans ce temps : en conséquence, et d'après l'équation (2)

$$\delta\omega U\zeta = \delta\omega i\,(U - w),$$

d'où nous tirons

$$\frac{\zeta}{i} = 1 - \frac{w}{U}. \tag{7}$$

Or, le rapport de ζ à i est en même temps celui du travail intermoléculaire au travail moteur dépensé T_m, quelle que soit d'ailleurs la longueur considérée du courant, puisque, sur une longueur L les pertes de chute sont, respectivement, Li et $L\zeta$; nous pouvons même ajouter que ce rapport est indépendant du temps considéré, attendu que, dans un temps t, le poids du fluide écoulé est $\delta\omega U t$, et que, sur l'unité de longueur, le travail intermoléculaire est $\delta\omega i\,(U - w)\,t$: cela résulte évidemment de l'uniformité des moyens mouvements (20) de translation. En conséquence

Dans un courant à régime uniforme, le rapport du travail intermoléculaire effectué au travail moteur dépensé, dans un même temps et sur une même longueur, est égal à l'unité moins le rapport de la vitesse de la nappe en contact avec les parois, à la vitesse moyenne du courant.

121. — *Calculs et tableaux numériques concernant les tuyaux de conduite.* Nous pouvons obtenir, pour les tuyaux de conduite en fonte, des résultats numériques utiles. A cet effet, nous déduisons de la formule de la vitesse moyenne établie dans la section V du chapitre III

$$\frac{w}{U} = \frac{7}{4} - \frac{3}{4}\frac{V}{U}$$

et en substituant cette expression dans l'équation (7), nous avons

$$\frac{\zeta}{i} = \frac{\tau}{T^m} = \frac{3}{4}\left(\frac{V}{U} - 1\right).$$

Quant aux valeurs de V et U, elles sont fournies par les expériences de M. Darcy.

Le tableau suivant contient les données expérimentales et les résultats de mes calculs : les valeurs des vitesses sont exprimées en mètres, et celles de i en millimètres. La première et la quatrième séries correspondent à des tuyaux neufs; la seconde et la troisième, à des tuyaux anciennement chargés de dépôts intérieurs, qui avaient été nettoyés pour les observations.

Numéros des séries.	Diamètre du tuyau.	Perte totale de chute i	Vitesse moyenne U	Vitesse maxima V	Rapport $\frac{\tau}{T_m}$
		1° Tuyaux en fonte sans dépôts			
		Millim. -	Mètre.	Mètres.	
		3,68	0,758	0,878	0,1187
		8,05	1,128	1,305	0,1176
I	Mètre. 0,188	13,40	1,488	1,716	0,1149
		22,50	1,933	2,229	0,1149
		38,10	2,506	2,891	0,1151
		109,80	4,323	4,976	0,1134
		1,65	0,537	0,630	0,1370
		4,98	0,949	1,102	0,1209
II	0,2447	20,35	1,904	2,214	0,1224
		113,43	4,497	5,230	0,1222
		0,70	0,355	0,417	0,1309
		6,17	1,236	1,421	0,1122
III	0,297	11,25	1,665	1,915	0,1126
		22,51	2,365	2,718	0,1120
		0,60	0,475	0,568	0,1466
IV	0,500	1,25	0,795	0,929	0,1264
		2,60	1,120	1,313	0,1295
		2° Tuyau en fonte avec dépôts.			
		2,02	0,452	0,556	0,1726
		4,73	0,707	0,867	0,1700
V	0,2432	22,90	1,547	1,899	0,1705
		32,00	1,833	2,249	0,1702
		139,81	3,833	4,702	9,1700

122. — *Remarques.* — Les valeurs de $\frac{\tau}{T_m}$ présentent quelques irrégularités qui proviennent, soit de la mesure de i sur des colonnes liquides continuellement oscillantes, soit de faibles écarts dans celle de V, mais il est facile de les rectifier graphiquement ; on reconnaît ainsi, pour la première série, qui est comprise entre des limites étendues de i et de U, que les valeurs 0,1149, 0,1149 et 0,1151 doivent être remplacées par 0,1166, 0,1155, et 0,1144. Cette série indique alors que le rapport du travail latent au travail moteur décroît un peu, pour un même tuyau, lorsque la rapidité du courant augmente, d'où il résulte que la perte totale de chute s'accroît un peu plus que la partie de cette perte qui correspond aux mouvements intestins de la masse liquide.

123. — *Deuxième partie de la perte de chute des courants liquides.* — En faisant abstraction des mouvements intestins, il resterait une action retardatrice des parois, due à la réaction de leurs aspérités parallèlement au mouvement de translation du fluide, et, en outre à la rupture périodique de la cohésion qui peut s'établir entre de petites colonnes capillaires cantonnées dans les pores des parois, et la couche liquide en contact avec elles. Dans la réalité des phénomènes, ces causes constituent une résistance qui, seule, devrait être désignée par la dénomination de *frottement* attribuée par les hydrauliciens à un ensemble physique qu'ils n'avaient pas suffisamment analysé. Soit φ la perte de chute due particulièrement à cette résistance qui neutralise directement une certaine fraction de la composante motrice de la gravité, nous avons

$$\varphi + \zeta = i \qquad \text{d'où} \qquad \varphi = i\,\frac{w}{U}.$$

124. — *Résultats de calcul concernant l'influence des dépôts intérieurs dans les tuyaux de conduite.* — Les dépôts intérieurs se produisant généralement, après un certain temps d'usage, dans les tuyaux de conduite des distributions d'eau, il est utile d'en apprécier l'influence sur les pertes de chute ζ et φ, et, par conséquent, sur leur somme i : c'est ce que nous allons faire en comparant entre elles la deuxième et la cinquième séries qui concernent un même tuyau : cette comparaison, pour être précise et rationnelle, doit être faite entre des valeurs de ζ et de φ qui correspondent, dans les deux séries, à des vitesses égales du fluide en contact avec les parois. A cet effet, j'ai calculé les valeurs de w en employant la formule $w = U - \frac{3}{4}\gamma\sqrt{i}$, et celles de ζ et de φ au moyen des rapports $\frac{\zeta}{i}$. Les résultats de ces calculs sont :

1° Pour le tuyau sans dépôts intérieurs

w	$0^m,467$	0,834	1,671	3,947
ζ	$0^{mm},226$	0,603	2,49	13,90
φ	$1^{mm},424$	4,377	17,86	99,53

2° Pour le même tuyau avec dépôts

w —	$0^m,374$ —	0,587 —	1,283 —	1,521 — 3,181
ζ' —	$0^{mm},348$ —	0,804 —	3,91 —	5,46 — 23,80
φ' —	1,672 —	3,926 —	18,99 —	26,54 — 116,01

Ayant ensuite remarqué que les rapports de ζ, ζ' φ et φ' au carré de la vitesse du fluide en contact avec les parois, variaient peu dans une même série, j'ai construit des courbes en prenant pour coordonnées les valeurs de ces rapports et celles de w ; puis, au moyen de ces courbes, j'ai eu les valeurs les plus probables des ordonnées

correspondantes à des vitesses égales. Considérant d'abord ce qui concerne le frottement du liquide sur les parois, j'ai obtenu les résultats suivants :

v	0m,40	0,60	0,80	1,00	2,00	3,00
$\frac{\varphi}{v^2}$	0,00655	0,00649	0,00644	0,00640	0,00627	0,00624
$\frac{\varphi'}{v^2}$	0,01192	0,01180	0,01170	0,01162	0,01141	0,01134
$\frac{\varphi'}{\varphi}$	1,820	1,818	1,817	1,816	1,820	1,817

On voit que la présence d'un dépôt de 0m,00075 seulement d'épaisseur moyenne a augmenté dans le rapport de 1 à 1,818 la perte de chute due au frottement proprement dit, du liquide sur la paroi du tuyau.

Quant au travail intermoléculaire, des opérations analogues m'ont donné :

v	0m,40	0,60	0,80	1,00	2,00	3,00
$\frac{\zeta}{v^2}$	0,00106	0,00101	0,00098	0,00095	0,00090	0,00089
$\frac{\zeta'}{v^2}$	0,00248	0,00244	0,00241	0,00239	0,00236	0,00235
$\frac{\zeta'}{\zeta}$	2,339	2,416	2,459	2,516	2,622	2,640

Le rapport $\frac{\zeta'}{\zeta}$ n'est pas sensiblement constant comme $\frac{\varphi'}{\varphi}$; il croît avec la vitesse du fluide, mais on voit que la présence du dépôt a augmenté la perte de chute due aux mouvements intestins, beaucoup plus que celle qui était occasionnée par le frottement.

Enfin, en comparant entre elles, pour une même vitesse

et un même état de la paroi, ces deux pertes de chute, nous avons, 1° pour le tuyau avec dépôts :

$$\frac{\zeta'}{\varphi'} = 0{,}2081 \ldots 0{,}2068 \ldots 0{,}2060 \ldots 0{,}2067 \ldots 0{,}2068 \ldots 0{,}2072$$

rapports qui paraissent avoir un minimum correspondant à une vitesse d'environ $1^m{,}30$.

2° Pour le même tuyau, mais sans dépôts :

$$\frac{\zeta}{\varphi} = 0{,}1618 \ldots 0{,}1555 \ldots 0{,}1521 \ldots 0{,}1484 \ldots 0{,}1436 \ldots 0{,}1427$$

et l'on voit que le minimum, s'il en existe dans ce cas, aurait eu lieu pour une vitesse supérieure à $3^m{,}00$.

125. — *Résultats concernant l'influence du diamètre des tuyaux.* — Nous chercherons maintenant à nous rendre compte de l'influence du diamètre des tuyaux sur les valeurs de ζ et de φ correspondantes à une même vitesse du fluide en contact avec les parois, en considérant comparativement ce qui concerne les tuyaux de $0^m{,}188$ et $0^m{,}500$ de diamètre ou ces parois étaient au même état (*). Des trois termes que contient la quatrième série, les deux derniers seulement sont comparables à ceux de la première ; j'en ai déduit, en mètres,

w	$0^m{,}694$	$0^m{,}975$
ζ	$0{,}000158$	$0{,}000337$
φ	$0{,}001092$	$0{,}002263$

Or, les valeurs correspondantes du rapport de ζ à w^2 sont 0,00033 et 0,00035, tandis que les calculs effec-

(*) Les deux autres tuyaux, ayant été nettoyés, cette opération peut avoir occasionné des différences de rugosité, ou en avoir laissé subsister entre ces conduites et celles qui étaient neuves.

tués pour la première série donnent, au moyen d'une courbe d'interpolation, pour les mêmes vitesses, 0,00098 et 0,00094 : en admettant même de légères anomalies provenant des données expérimentales, il est bien évident que, quand le diamètre des tuyaux augmente, le rapport de ζ à w^2 diminue. Nous ferons remarquer d'ailleurs que ce décroissement coïncide avec la diminution de la vitesse relative de deux nappes liquides consécutives.

On est conduit à des conséquences analogues en ce qui concerne la perte de chute φ, car les valeurs du rapport $\frac{\varphi}{w^2}$ sont les suivantes :

Diamètre $0^m,188$.....0,00725.....0,00708
Diamètre $0^m,500$.....0,00238.....0,00227

TABLE DES MATIÈRES.

CHAPITRE PREMIER.

CARACTÈRES GÉNÉRAUX DES COURANTS LIQUIDES.

	Pages.	Articles.
Aperçu historique. — Inégalité des vitesses ; continuité.	5	1 et 2
Généralité et conséquences de la communication latérale du mouvement. — *Propriété générale* des changements de direction et des variations de section.	7	3 4
Notions sur les mouvements intestins. — Tourbillons excités par les aspérités des parois. Leur rôle comme agents physiques. *Lois naturelles.* Remarques concernant les dépôts laissés par les grands courants primitifs	9	5 8

NOTIONS NOUVEL

Fig. 1

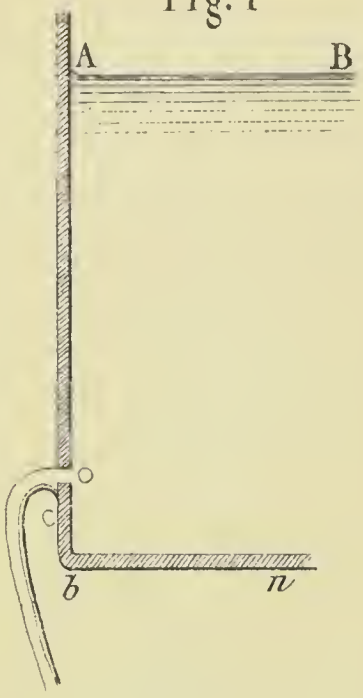


Fig. 2

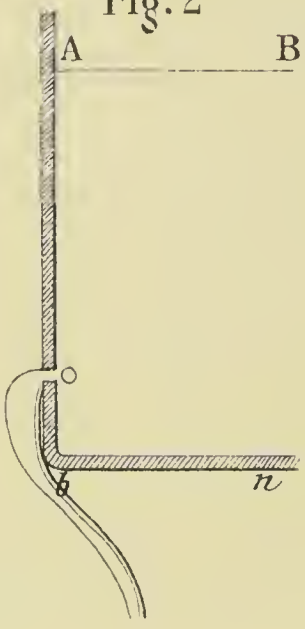


Fig. 4

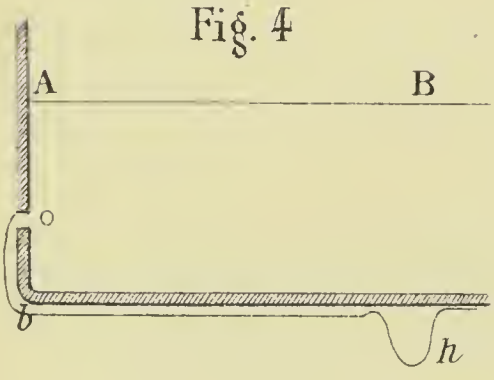


Fig. 5

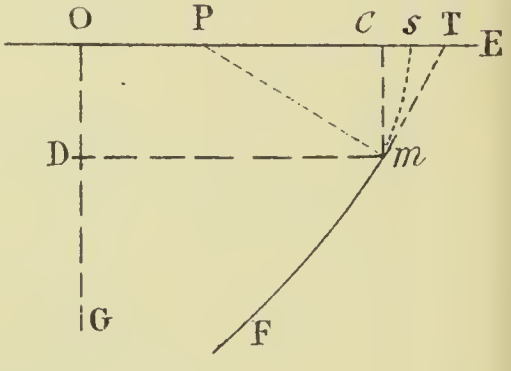


Fig. 3

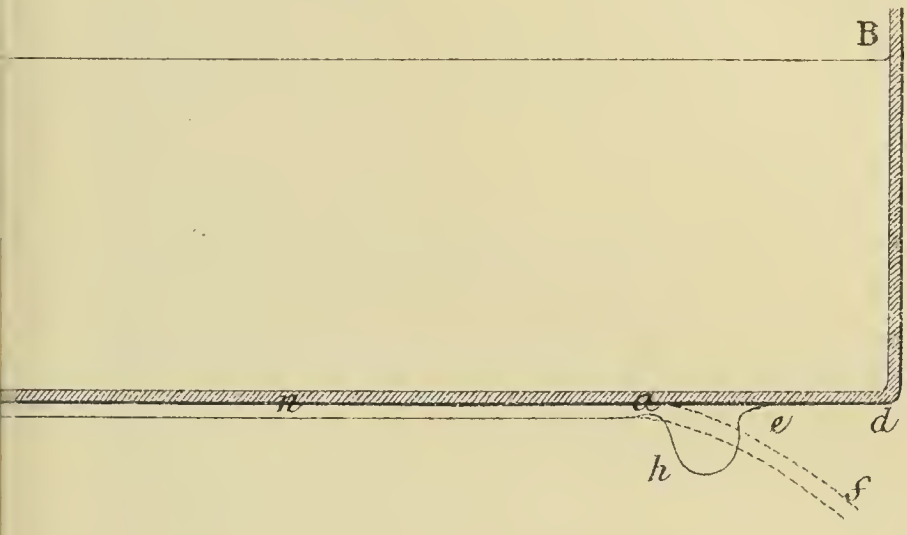
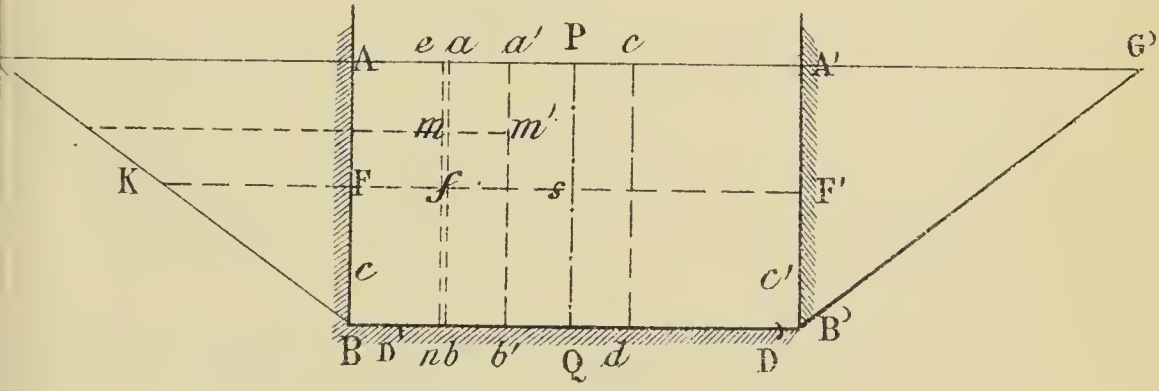


Fig. 6



	Pages	Articles
Notions générales sur les mouvements tourbillonnaires, leurs conditions et leurs propriétés	12	9 à 11
Courants induits. Observations concernant les contre-courants. — Remous intérieurs	16	12 à 15
Déplacements transversaux. — Résumé concernant les mouvements intestins	18	16 17
Périodicité des courants fluides. Considérations rationnelles et résultats d'observation. *Loi générale.* Notion des *moyens mouvements*	19	18 à 20
Propriétés qui résultent *du mouvement des liquides en contact avec des surfaces solides. Zône troublée* et phénomènes qui peuvent s'y accomplir	23	21 22
Nouvelles expériences. *Loi des pertes de pression*	24	23 à 26
Propriété des moyennes vitesses des molécules en contact avec les parois et leurs aspérités. Explication	30	27

CHAPITRE II.

NOUVELLE THÉORIE DU RÉGIME UNIFORME.

Considérations préliminaires. Définition physique et géométrique des filets et des *nappes* des courants. Observations relatives au frottement sur les parois. *Perte de chute.*	32	28 à 31
Théorie générale. Ses conséquences	36	32 33

CHAPITRE III.

NOTIONS CONCERNANT LES LOIS DE LA DISTRIBUTION DES VITESSES DANS LES COURANTS A RÉGIME UNIFORME.

Conditions à réaliser pour la recherche de ces lois. Dispositions d'amont. Dispositions d'aval. *Théorie des pertuis régulateurs*	45	34 à 37

Résultats d'expériences concernant la distribution des vitesses dans les canaux et les rivières.

Anciens résultats. Causes de la divergence des opinions de divers auteurs. — Expérien-		

	Pages	Articles.
ces faites à Metz en 1843. Lois qui en ont été déduites. — Observations effectuées, 1° dans le Rhin ; 2° dans le fleuve Mississipi. — Expériences de MM. Darcy et Bazin. — Formules par lesquelles les résultats de ces diverses recherches expérimentales ont été représentés	51	38 à 43
Lois nouvelles de la distribution des vitesses maxima, dans les canaux et les rivières.		
Définitions. Lieu des vitesses maxima. *Propriété fondamentale du paramètre*, Applications numériques. *Lois des vitesses : 1°* depuis le *filet principal* jusqu'au fond du lit : 2° du filet principal à la surface. Différence entre ces deux lois.....	65	44 à 46
Expression de la position relative du filet principal.....	71	47
Formules exprimant les influences sur la loi des vitesses 1° de la profondeur des courants : 2° des positions du filet principal et des centres de gravité. Vérifications. Explications.....	72	48 à 50
Théorie de la position relative du filet principal.....	75	51
Résultats d'observation et formules concernant la distribution des vitesses dans le sens de la largeur des canaux et des rivières.....	80	52
Loi de la distribution des vitesses dans les tuyaux de conduite.		
Résultats des expériences de M. Darcy. Formules empiriques qui ont été déduites de ces résultats. Observations et incertitudes auxquelles ces formules donnent lieu.....	83	53 54
Nouvelles déterminations. — Bases adoptées. Découverte d'une *première propriété. Théorème.* — Détermination rationnelle de la forme de la fonction qui exprime la loi des vitesses. — Expression générale de la vitesse moyenne : *Théorème*.....	86	55 à 58

	Pages.	Articles.
Démonstration de *plusieurs propriétés et formules* nouvelles	91	59 à 63
Détermination rationnelle du degré de l'équation aux vitesses. *Loi des vitesses* en fonction d'un facteur à déterminer. Recherche physico-mathématique de ce facteur : formule générale et vérification. — Influence du diamètre des tuyaux	93	64 à 67
Résumé des formules concernant les tuyaux de conduite ordinairement employés. Remarques	99	68,69
Cas des petits calibres. Influence de la *zône troublée*. Tubes capillaires. Formule exprimant la loi des vitesses quand il reste à l'intérieur du courant une région non troublée	101	70

CHAPITRE IV.

PROPRIÉTÉS COMMUNES AUX TUYAUX DE CONDUITE, AUX CANAUX, ET AUX RIVIÈRES A RÉGIME UNIFORME.

Résumé des propriétés générales précédemment établies	105	71
Mouvement des centres de gravité : *théorème*	108	72
Comparaison des lois des vitesses dans les tuyaux de conduite, avec celles qui ont lieu dans les canaux et les rivières : *théorème*	110	73
Loi générale des pertes de chute. — Corollaire	113	74.75
Notions concernant la position relative de la *nappe principale*	116	76
Notions concernant la résistance des parois.		
Bases des formules en usage : Examen et critique	118	77
Nouvelles considérations	120	78
Explication physique	123	79
Loi de l'influence de la résistance des parois sur le décroissement des vitesses des nappes liquides	124	80

	Pages.	Articles.
Résistance intérieure.		
Considérations préliminaires concernant l'action mutuelle de deux nappes consécutives	125	81
Cas des tuyaux de conduite. Expression de la résistance intérieure au mouvement relatif de translation. Valeurs numériques des facteurs. Expression de l'influence du rayon. — Examen des expressions de la résistance au mouvement relatif, qui ont été proposées par d'autres auteurs, et des hypothèses de ces auteurs	126	82
Cas des canaux et des rivières. Expression de la résistance intérieure. Remarques	129	83
Théorème général concernant l'influence de la vitesse relative de deux nappes consécutives	131	84
Quantités de mouvement, Forces vives et travail moteur.		
Quantité du mouvement de translation dans l'espace : *théorème*	133	86
Quantité du mouvement relatif. *Théorème* concernant la nappe principale	134	87
Quantité de mouvement totale. Corollaire.	135	88.89
Théorie générale de la force vive de translation : *théorème*. — Considérations concernant la force vive totale	136	90
Notions sur la *région initiale* des courants : *théorème* concernant la chute employée pour vaincre l'inertie de la masse fluide.	140	91
Force vive de translation relative : théorème	142	92
Expressions diverses du travail moteur dépensé par la gravité sur un courant à régime uniforme. *Théorème*, et *Corollaire* concernant la proportionnalité de la force vive relative à l'intensité de la résistance des parois	143	93

CHAPITRE V

NOTIONS GÉNÉRALES CONCERNANT LES MOUVEMENTS INTESTINS ET LE TRAVAIL INTERMOLÉCULAIRE DES SYSTÈMES MATÉRIELS.

	Pages.	Articles.
Définitions et propriétés.....	145	94.95
Evaluation du travail intermoléculaire.		
Cas des mouvements de translation d'un corps. *Principe fondamental.* Équation du travail intermoléculaire.....	147	96
Observations et règles pour les applications, concernant la gravité, la chaleur et l'élasticité	149	97 à 100
Remarque sur l'étude séparée de chaque catégorie de mouvements intestins.....	151	101
Application du principe fondamental à la compression des gaz. Remarques concernant la variation de la compressibilité.....	151	102
Travail intermoléculaire dans un système de plusieurs corps ou organes.		
Méthode à suivre. *Actions mutuelles extérieures* ; *théorie* de leur travail intermoléculaire.....	153	103
Corollaire concernant le travail des actions mutuelles normales aux surfaces de contact. Application au choc des corps. Condition de l'emploi des intermédiaires élastiques. Observation relative au caoutchouc vulcanisé.	155	104
Généralité de la théorie précédente. Observation concernant le phénomène des marées.	157	105
Indications relatives à l'évaluation du travail intermoléculaire dans le mouvement de rotation d'un corps. Remarques concernant les théories de la torsion.....	157	106
Considérations relatives au frottement des solides.		
Phénomènes que le glissement fait naître. Eléments divers dont se compose l'*effort moyen* qui a été obtenu dans les expériences sur le frottement. Excès de cet effort moyen sur la résistance qui se produit dans la pratique.....	158	107 à 109

	Pages.	Articles.
Observations concernant l'influence de la vitesse, et de l'étendue relative des surfaces.	161	110
Indication d'un nouveau procédé expérimental	162	111
Observations concernant les théories de la résistance des matériaux. Utilité du principe du travail intermoléculaire. Généralisation du phénomène de la communication latérale du mouvement	162	112 et 113
Travail intermoléculaire dans les courants liquides à régime uniforme.		
Notions préliminaires. Force excitatrice	164	114
Première expression du travail intermoléculaire. Remarque concernant les érosions. *Théorème général*	165	115 et 116
Travail intermoléculaire latent dans un cylindre intérieur. *Théorème* relatif à la nappe principale	167	117 et 118
Deuxième expression du travail intermoléculaire. *Théorème* concernant l'influence des mouvements relatifs des nappes liquides.	168	119
Rapport du travail intermoléculaire au travail moteur dépensé	169	120
Calculs et tableaux numériques concernant les tuyaux de conduite. Remarques. Deuxième partie de la perte de chute des courants liquides. Influences du diamètre des tuyaux, des dépôts intérieurs, et de la vitesse du fluide en contact avec la paroi	170	121 à 125
Table des matières	176	

MONSTRUOSITÉ DE LA CHICORÉE

(CICHORIUM INTYBUS L.)

PAR

M. le Prof A. BÉKÉTOFF

Recteur de l'Université de Saint-Pétersbourg,
Membre correspondant de la Société.

Les monstruosités de la Chicorée sont restées jusqu'à présent presque inaperçues (1), et je crois que les observations que je vais exposer ne seront pas sans intérêt, d'autant plus qu'elles présentent beaucoup de détails instructifs par rapport à l'inflorescence et surtout à l'aigrette et à l'ovule des Composées en général (2).

(1) Dr. Cramer, Bildungsabweichungen bei einigen wigtigeren Pflanzenfamilien und die morphologische Bedeutung des Pflanzencies. Heft I. Zürich, 1864. L'auteur énumère toutes les monstruosités qui ont été observées dans plusieurs familles jusqu'à 1864, et entre autres dans la famille des Composées (pp. 49, 62). Il note par rapport à la Chicorée une seule observation de Moquin-Tandon, qui avait observé une fasciation de la tige.

(2) Mes observations sont faites sur deux échantillons qui se trouvaient dans un herbier reçu de Taganrog par l'inter-

Le premier échantillon (Pl. II, f. 1) a, comme on le voit, complètement perdu son port ; mais sans m'arrêter aux feuilles, je porte l'attention du lecteur avant tout sur l'inflorescence. Tous les capitules de cet échantillon sont pourvus de pédoncules, plusieurs sont même traversés par ces pédoncules qui portent à leurs sommets des capitules secondaires. Les feuilles de l'involucre sont toutes presque égales entre elles, quant à leur forme et à leurs dimensions. La plupart des fleurs sont munies de pédicelles plus ou moins longs. Quelques-unes de ces fleurs sont traversées elles-mêmes par le prolongement du pédicelle, qui se termine en un capitule secondaire (3).

Le second échantillon (Pl. I, f. 1) présente beaucoup moins d'anomalies. Il est surtout remarquable par la longueur des pédoncules qui portent la plupart des inflorescences. Les feuilles involucrales sont ici, comme dans le premier cas, égales entre elles, quant à leur forme et à leurs dimensions. Plusieurs des capitules sont fort petits et dépourvus de fleurs, et ne présentent que des rosettes de feuilles, quelquefois assez étroites. Ces rosettes étaient surtout nombreuses sur de longs rameaux non reproduits dans la figure. Elles étaient presque sessiles à l'aisselle des feuilles. L'aigrette

médiaire de M. Annenkoff. Les échantillons se trouvaient dans un état de conservation assez douteux et ce n'est pas sans peine que j'ai pu les rendre propres à être dessinés et observés avec fruit.

(3) Notre premier échantillon de Chicorée monstrueuse présente donc une transformation du capitule en ombelle, et même en partie en ombelle composée, ce qui du reste a été maintes fois observé sur plusieurs plantes de la même famille.

de toutes les fleurs dans les deux échantillons était plus ou moins transformée. Cette transformation était moins marquée dans les fleurs dont les pédicelles n'étaient que très-peu développés ; elle atteignait au contraire son plus haut degré dans celles qui étaient munies de très-longs pédicelles. La Chicorée normale est pourvue, comme on sait, d'une aigrette composée de nombreuses et petites palléoles, courtes et obtuses, qui sont disposées à peu près sur deux rangs annulaires. Elles sont presque libres, ou plus ou moins confluentes. Plusieurs des fleurs du second échantillon ont des aigrettes assez semblables aux normales. Cependant les moins transformées présentent un nombre fort réduit d'aigrettes en comparaison de ce qui se voit dans les cas normaux, et les palléoles sont généralement plus larges (Pl. II, f. 3), étant toujours plus ou moins connées. Le second degré de transformation est caractérisé par des aigrettes dont les palléoles commencent à prendre la forme de feuilles. Telle était par exemple (Pl. II, f. 4) l'aigrette d'une fleur du second échantillon, qui était composée de palléoles assez larges et disposées sur deux rangs. L'une de ces palléoles avait pris la forme d'une feuille lancéolée traversée par un nerf médian et plusieurs nerfs latéraux, composés de trachées. Cette feuille ne contenait cependant pas de chlorophylle. Les aigrettes dont la transformation était plus complète et dans lesquelles le nombre des palléoles était presque toujours réduit à cinq, contenaient généralement plus ou moins de chlorophylle. Ainsi par exemple, dans l'aigrette d'une fleur du second échantillon (Pl. II, f. 7), la feuillette lancéolée était complétement verte, tandis que les quatre palléoles ne l'étaient qu'en partie, étant bordées d'une assez large bande scarieuse. Le dernier degré de

transformation était caractérisé par des fleurs munies de longs pédicelles. Leurs aigrettes étaient formées de cinq feuillets verts plus ou moins développés (Pl. II, f. 5 et 6). Ici l'aigrette avait évidemment pris la forme et la valeur d'un calice-type, et la fleur elle-même avait pris un aspect tout différent de l'aigrette des Composées, car, à la transformation complète de l'aigrette, correspond une transformation complète de l'ovaire lui-même qui devenait supère, d'infère qu'il était.

On a beaucoup écrit en ces derniers temps sur la valeur de l'aigrette des Composées. Nous avons entre autres un long travail sur ce sujet du Dr Warming (4). Selon l'interprétation de ce savant, l'aigrette des Composées est toujours représentée par l'anneau quinquangulaire qui forme le rebord supérieur de l'ovaire. Dans quelques unes des ces plantes le calice conserve effectivement cette forme peu développée *(Lampsana, Bellis)*. Dans d'autres le disque annulaire produit des poils qui ne correspondent pas cependant aux sépales (le type *Senecio-Lactuca* de Warming). Dans d'autres encore (le type *Cirsium-Tragopogon*), l'anneau en question produit plusieurs excroissances réduites souvent à cinq qui, dans ce dernier cas, correspondent aux sépales des autres Dicotylédonées, mais qui doivent être considérées comme des émergences du disque quinquangulaire, et non comme des sépales véritables. Ces sortes d'émergences peuvent recevoir dans les cas anormaux des formes foliaires. La Chicorée appartient évidemment à ce dernier type.

(4) Dr Eug. Warming, Die Blüthe der Compositen, dans les « Botanische Abhandlungen aus dem Gebiet der Morphologie und Physiologie, herausgegeben von Dr. J. Hanstein. 3 B. 2 H. Bonn, 1876 ».

Lund, dont les idées sont fort contestées par Warming, prétend que l'aigrette des Composées provient d'une modification du calice habituel des Dicotylédonées qui, dans le type primordial de la famille, avait cinq sépales.

La différence entre ces deux manières de voir est assez légère, et selon moi, n'existe en partie que dans la manière de dire, car il est assez oiseux d'affirmer par exemple que le calice des genres *Asteriscus*, *Sphenogyne*, *Catananche*, etc., qui se compose de cinq folioles assez larges et fort développées, qui se trouvent de plus en alternance marquée avec les pétales, ne représente point les sépales véritables, mais seulement des émergences de ces sépales qui, elles-mêmes, ne sont pas développées. Cela me fait assez l'effet d'un jeu de mots, et M. Eichler est précisément du même avis, en donnant à l'aigrette des Composées la valeur d'un calice véritable (3). D'autre part il est possible d'adopter l'opinion du Dr Warming à l'égard des genres *Lampsana* et autres, qui n'ont à la place du calice que le disque quinquangulaire, muni quelquefois d'un faible rebord scarieux. Les idées du même auteur sur les aigrettes poilues ou palléolées me semblent justes aussi ; mais, même dans ces deux cas, l'interprétation du savant Danois me paraît exiger sinon une modification, du moins une explication.

Il me semble que, pour faire une juste interprétation de l'aigrette des Composées, il faut avant tout tenir compte des analogies qui existent entre le développement de l'aigrette et des feuilles ordinaires d'une

(3) Dr A. W. Eichler, Blüthendiagramme. Erster Theil. 1875. p. 289.

part, et de l'autre entre l'aigrette et les feuilles de l'involucre. Plusieurs feuilles apparaissent en effet sous forme de légères boursouflures occupant une portion déterminée de l'axe correspondant exactement à la partie qu'ils occuperont sur cet axe dans la suite.

Cela a été décrit d'abord par Mercklin (6) et constaté depuis par Eichler (7). Je me suis assuré moi-même de la vérité de cette assertion sur l'érable, indiqué d'ailleurs par les deux auteurs que je viens de nommer (8). Cette boursouflure, qui a dans l'érable une forme annulaire, correspond évidemment à l'anneau souscorollaire des Composées. Elle produit dans l'érable deux légers mamelons qui, par la suite, forment les lobes terminaux des deux feuilles opposées. Il est à présumer que personne n'aura l'idée de se représenter les feuilles de l'érable comme des émergences de feuilles qui, elles-mêmes, ne se sont pas développées. Nous nous trouvons cependant ici dans le cas que nous présente l'aigrette des Composées. Il ne serait cependant pas impossible que les feuilles s'arrêtassent juste au point où elles présentent

(6) C. E. Mercklin, Zur Entwickelungsgeschichte der Blattgestalten. 1846. v. Pl. I, f. 22, 23, 24, 25 et l'explication.

(7) A. W. Eichler. Zur Entwicklungsgeschichte der Blattgestalten. 1861. p. 5, Pl. I, f. 1, 2, 14, 18, 19.

(8) M. Mercklin avait observé l'*Acer campestre*. M. Eichler mentionne le genre *Acer* en général. Mes propres observations ont été faites sur l'*Acer platanoides*.

En juin 1875 j'observais au Jardin botanique de l'Université une jeune pousse terminale d'érable extrêmement robuste qui avait sur chaque nœud trois feuilles. Les entre-nœuds étaient très-bien développés et les trois feuilles de chaque verticille se trouvaient avec les feuilles des autres verticilles en alternance régulière. L'année suivante, cette pousse produisit des rameaux qui ne conservèrent pas la position anormale remarquée sur la pousse précédente.

une simple boursouflure sur l'axe ; nous aurions alors le cas des Composées du type *Lampsana*, ayant au lieu de calice une boursouflure annulaire et pentagone.

On sait d'autre part que la feuille commence son développement par l'élévation des cellules épidermales, qui est suivie par l'élévation des cellules sous-épidermales. Les parties apicales et marginales de la feuille sont composées entièrement d'épiderme. S'il advenait donc au commencement même du développement que la croissance du tissu sous-épidermal s'arrêtât, et que la feuille continuât à croître exclusivement à l'aide des cellules épidermales, nous aurions une feuille composée entièrement ou en grande partie d'épiderme. Ce serait une forme trichomatique, comme dirait M. Naegeli. Et selon que les cellules épidermales croîtraient indépendamment ou bien ensemble et connées, nous aurions une aigrette poilue ou en forme de rebord scarieux. Il est urgent de se rappeler ici qu'il n'est pas possible de trouver une ligne de démarcation tranchée entre les parties foliaires et celles que l'on nomme trichomatiques. La feuille peut s'arrêter en son développement au point où elle a la forme d'un léger mamelon ou d'une boursouflure à peine visible sur l'axe, comme par exemple les feuilles mères de l'inflorescence des Graminées, qui souvent ne sont visibles que pendant les premières époques de leur développement. Après cet arrêt elle peut continuer sa croissance exclusivement à l'aide de son épiderme (9). Les feuilles involucrales et les palléoles de plusieurs

(9) Je mentionnerai ici à ce propos une observation que j'ai faite sur le *Dactylis glomerata*. L'échantillon avait dans une inflorescence quelques rameaux secondaires très-développés. A la base de l'un de ces rameaux se trouvait une feuille

Composées présentent de bons exemples de cette manière d'être. Il est à remarquer en outre que les bractées et les palléoles d'un capitule représentent les feuilles d'un axe primaire par rapport aux parties de l'aigrette qui seront alors les feuilles de l'axe secondaire. On voit clairement dans notre premier échantillon de Chicorée monstrueuse que, dans les inflorescences ombelliformes, les parties de l'aigrette prennent toujours la forme de feuilles fort analogues aux bractées involucrales du même échantillon (Pl. II, f. 1 et 2). Les bractées scarieuses de plusieurs Composées démontrent donc clairement le chemin que peuvent suivre les feuilles en voie de se transformer en aigrettes. Nous n'avons qu'à nous représenter pour cela par exemple le genre *Centaurea*, dont l'involucre est composé d'une quantité de bractées très-serrées entre elles. Les bractées de quelques espèces (Sect. *Lapteranthes* D C), sont elles-mêmes fort peu développées et se trouvent en plus grande partie composées de larges appendices, décurrents et scarieux, divisés en une infinité de cils longs et plus ou moins trichomatiques. Si donc nous nous représentons que ces bractées s'arrêtent au moment où elles viennent de produire leurs appendices, comme cela se voit dans plusieurs espèces, surtout à l'égard des bractées les plus rapprochées des fleurs, nous aurons une aigrette palléolée ou lamellaire qui pourra ne pas contenir de faisceaux vasculaires.

longue à peu près de trois centimètres et ayant moins d'un millimètre de largeur, tout-à-fait sans chlorophylle et pour ainsi dire composée uniquement d'épiderme. Le cas appartient évidemment à la catégorie des feuilles qui, comme la plupart des ligules des Graminées, s'arrêtant à leur premier degré de développement, ne continuent leur croissance ultérieure qu'à l'aide de leur épiderme.

Toutes ces considérations, ainsi que les formes transitoires que j'ai trouvées dans la Chicorée monstrueuse, m'obligent à me ranger du côté de ceux des morphologistes qui prennent l'aigrette des Composées simplement pour un calice peu développé. Les parties de ce calice peuvent s'arrêter dans leur développement au commencement même, et présenter alors le rebord disciforme des Lampsanes ; ou bien ils peuvent continuer à croître exclusivement par leur partie épidermale en prenant alors la forme d'aigrette à rebord scarieux, palléolé ou pileux. Ou bien encore le développement continue, comme dans les feuilles ordinaires, avec l'intervention du tissu subépidermal, et alors nous avons le calice des *Asteriscus*, des Catananches, etc., ainsi que le calice feuillu des fleurs monstrueuses de la Chicorée et autres. Dans ce dernier cas le nombre des sépales se réduit ordinairement à cinq.

Les corolles des deux échantillons ne présentent rien de très-particulier. La plupart n'étaient pas encore ouvertes, et leurs sommets papilleux étaient fermés en capuchon. Seulement quelques unes s'étaient épanouies avec des formes plus ou moins anormales (Pl. II, f. 8). La plupart des étamines avaient aussi conservé plus ou moins leur forme ordinaire. Les fleurs prolifiées présentaient la plus grande déviation de ces organes, et notamment à la base des pédoncules qui partaient des inflorescences secondaires (Pl. II, f. 7 et 8). Ici l'aigrette modifiée est suivie par la corolle et les étamines disjointes ; l'une de ces dernières était implantée sur le pédoncule plus haut que les autres (f. 7). Le pédoncule d'un autre capitule secondaire sortait du milieu de l'ovaire et portait aussi à sa base des étamines totalement déformées (f. 8).

Les pistils des fleurs du second échantillon étaient à peu près normaux ; dans ceux du premier ils présentaient au contraire des modifications fort variées. Ils se rapprochaient plus de leur état normal dans les fleurs munies de très-courts pédicelles ; ici l'ovaire était infère, mais plus ou moins allongé (f. 10). Dans les fleurs munies de longs pédicelles, l'ovaire était supère, de sorte que l'on n'en voyait aucune trace sous l'aigrette, qui, à son tour, était déformée. Cet ovaire supère était composé, ainsi que les fleurs normales, de deux feuilles carpellaires, avec cette différence capitale que, dans les fleurs normales, ces feuilles n'entrent que dans la formation de la voûte ovarienne du style et des stigmates, tandis qu'ici le pistil est formé en entier par ces deux feuilles. Le degré de connexion des deux feuilles carpellaires était assez divers dans les différentes fleurs. Dans les unes cette connexion était tellement intime que, pour les désunir, il fallait pratiquer une section longitudinale. C'était alors un ovaire supère bien formé. Dans d'autres la connexion était au contraire si faible, que les deux feuilles se décollaient assez facilement à l'aide d'une aiguille, surtout dans leurs parties supérieures ; à la base où se trouvait une boursouflure correspondant à l'organe qui avait pris la place de l'ovule, la connexion était souvent assez forte (f. 11). Il s'y trouvait aussi des pistils qui se désunissaient au premier attouchement en deux feuilles plates et lancéolées, munies d'une nervation en réseau (f. 13).

Je dois enfin mentionner ici le pistil des fleurs traversées par l'axe, qui continuaient à croître au delà, pour se terminer en capitule. Les deux feuilles carpellaires s'unissaient alors quelquefois en un tube qui entourait

la base du pédoncule (fig. 8). Plus haut le tube se divisait en deux feuilles distinctes et à nervation réticulaire.

L'ovule qui, dans les fleurs du second échantillon, ne présentait pas de changement sensible, était remplacé dans les ovaires du premier échantillon par des organes assez différents. L'altération de l'ovule était surtout grande dans les ovaires supères, ce qui d'ailleurs pouvait être prévu d'avance; elle avait au contraire subi moins de modifications dans les ovaires restés infères et presque dépourvus de pédicelle. Tous les organes remplaçant les ovules avaient pris une couleur brune, et la dessiccation jointe à la pression les avaient tellement racornis, qu'ils se prêtaient fort difficilement à la préparation. Cependant à l'aide d'une longue macération et de l'action de la potasse caustique, quelques uns reprirent plus ou moins leur forme naturelle en se décolorant ou en prenant une couleur jaune transparente.

Dans les ovaires infères l'organe remplaçant l'ovule se présentait sous deux aspects principaux. Dans ceux qui n'avaient que des pédicelles excessivement courts, il avait la forme d'un petit bâtonnet, terminé en légère massue avec une petite pointe apicale qui régnait jusqu'à l'entrée du canal stylaire, et y entrait même quelquefois. Ce bâtonnet n'emplissait pas en entier la cavité de l'ovaire; il était plus ou moins allongé, et mesurait maintes fois presque deux millimètres. La décoloration rendit possible d'y remarquer un faisceau et des rameaux de ce faisceau composés de trachées (f. 10). Un de ces bâtonnets (f. 13) avait à peu près un millimètre et demi de longueur; il était élargi à sa base et il put être complètement décollé et déroulé. L'organe se présentait alors sous la forme d'une feuille élargie dans sa moitié supérieure et légèrement trilobée qui avait été roulée en tube

et renfermait à sa base un bouton composé de quelques feuilles. Il était parcouru par un nerf longitudinal et ses rameaux formant ensemble un réseau de trachées. Dans d'autres ovaires infères munis de pédoncules fort apparents, l'ovule était remplacé par un organe en massue (f. 14), sensiblement aplati d'ailleurs, et se terminant par une pointe qui s'introduisait dans le canal du style. On y remarquait des faisceaux vasculaires dont l'un était médian. Plusieurs de ces petites massues aplaties purent être décolorées et on put voir alors qu'elles se terminaient par un petit lobule, recevant des faisceaux trachéens. D'autres furent déployées et se présentèrent alors en forme de feuillettes plus ou moins charnues, surtout au sommet, et parcourues par un faisceau médian, donnant des rameaux à droite et à gauche (f. 15). Dans les ovaires semblables à celui que je viens de mentionner, mais moins longs et plus élargis, l'ovule était remplacé par des boutons ; dans l'un d'eux le bouton était muni à sa base de deux feuilles plus développées que les autres. L'une de ces feuilles était transparente et fine, l'autre charnue au sommet, et toutes les deux se courbaient sur le bouton. Dans un autre ovaire pareil au précédent le bouton était plus grand (f. 17), la première feuille surtout était comparativement forte et se collait sur le bouton, en le couvrant de ses bords. On a pu décoller et développer cet organe qui apparut alors en forme de feuille ovalaire, terminée par trois lobes charnus. Le lobe apical avait une pointe dorsale, qui s'introduisait dans le canal du style. Les deux autres n'étaient pas véritablement des lobes marginaux ; c'étaient plutôt des émergences de la face supérieure de la feuille (f. 17), et cela était surtout vrai par rapport au lobe droit, celui de la gauche ne faisait émergence que par une partie de sa base et son rebord

intérieur. Le reste de la feuille était mince et ses bords entouraient le bouton. Une partie des bords se détacha pendant la préparation, de là l'échancrure qui se voit sur la f. 17 *c*. Toute la feuille est parcourue par un faisceau médian composé de trachées; il régnait jusqu'au bord même du lobe apical, et donnait des rameaux qui se perdaient dans les lobes latéraux. Dans sa position naturelle cette feuille couvrait de son lobe apical le bouton par en haut, tandis que les lobes latéraux étaient appliqués à ses côtés. Sous cette feuille était insérée un peu plus haut, sur le même axe, une autre feuille étroite et peu charnue qui se courbait aussi par son sommet sur le bouton. Cette seconde feuille était suivie par des feuilles involucrales qui se trouvaient encore à un très-faible degré de développement; elles renfermaient une inflorescence entière à peine développée, étant insérées sur l'axe beaucoup plus haut que les deux feuilles précédentes.

La position de la première feuille à l'égard de la seconde n'a pas pu être déterminée avec précision, car toutes ses parties avaient trop souffert de la dessiccation. La macération et la potasse les avaient rendues tellement fragiles, qu'elles tombaient en lambeaux à l'attouchement de l'aiguille.

Ces boutons avec leurs feuilles charnues forment transition aux organes trouvés à la place de l'ovule dans les ovaires supères. On y voyait des capitules en état de formation (f. 11 et 12). A la base de ces capitules se trouvaient des folioles minces ou légèrement charnues, courbées sur le bouton, ou dressées. Il n'y a pas de doute que, si les fleurs contenant ces capitules avaient continué leur croissance, les capitules en question auraient été avancés et portés par leurs pédoncules hors des ovaires

qui les renfermaient, comme cela a eu lieu pour plusieurs des capitules du premier échantillon.

Les organes remplaçant les ovules, que je viens de décrire, me donnent lieu à présenter ici quelques remarques sur la valeur morphologique de l'ovule des Composées.

On sait que la question que je viens de toucher, n'a pas encore reçu de solution définitive, car les morphologistes ne sont pas encore d'accord sur ce sujet. La plupart des auteurs français tiennent pour la théorie de Brongniart, selon laquelle l'ovule végétal est un organe foliaire (un *phyllom*, selon la terminologie de M. Naegeli). La plupart des auteurs allemands croyaient au contraire jusqu'à ces derniers temps, avec M. Schleiden, que l'organe en question est une gemmule, dont la partie principale, savoir le nucleus, est une partie axile (un *caulom* selon M. Naegeli). En 1864 M. Cramer avait, comme on le sait, de nouveau et avec une grande énergie, soulevé une controverse sur la valeur de l'ovule végétal (10). Se fondant sur l'analyse détaillée des fleurs monstrueuses des genres *Primula* (*P. Chinensis*), *Senecio* (*S. vulgaris*) et *Thysselinum* (*T. palustre*), il revint aux idées soutenues jadis avec tant d'éclat par Brongniart. Il voulut prouver de nouveau que l'ovule végétal n'était qu'une feuille métamorphosée et notamment une feuille entière, ou une partie de feuille, que le nucleus est une nouvelle formation (Neubildung), une émergence sur la partie intérieure ou supérieure de la feuille ovulaire qui, elle-même, forme les intéguments de cette nouvelle formation. M. Cramer s'explique fort catégoriquement sur l'ovule des Composées. « L'ovule des Composées, » dit-il, « n'est donc pas une formation apiculaire, mais plutôt latérale; elle cor-

(10) O. C.

respond non pas au bouton, mais à la feuille, et notamment à une feuille entière, comme dans les Primevères ». M. Emile Köne, auquel nous devons un excellent travail sur le développement de la fleur des Composées (11), se range aux idées de Cramer, et présente quelques faits nouveaux à l'appui de ces idées.

Sachs avait, avant le travail de Köne, adopté la manière de voir de Cramer sur la nature foliaire de l'ovule de la plupart, mais non de toutes les plantes. Dans la dernière édition de son « Manuel », il adopte franchement l'opinion de Cramer sur l'ovule des Composées, en s'appuyant sur ses propres observations, d'ailleurs incomplètes (12).

Celakovsky, défenseur opiniâtre de la nature foliaire des ovules végétaux, soutient que l'ovule des Composées n'est qu'une émergence de la partie basilaire de la feuille carpellaire antérieure (13).

M. Eichler (14) est porté à regarder l'ovule des Composées comme un bouton axillaire de la feuille carpellaire antérieure. Ce savant croit cependant que « cette question ne peut pas être décidée d'une manière objective à l'aide des observations dont nous pouvons disposer. » Enfin, M. Luerssen (15), dans son nouveau Manuel, assigne aux Composées un ovule axile.

En face de cette diversité d'opinions, les faits que je viens de décrire me paraissent avoir une certaine

(11) E. Köne. Ueber Blüthenentwicklung bei Compositen. 1869.

(12) Sachs, Lehrbuch, IV Auflage, 1874. p. 554 et suivantes.

(13) Celakovsky, Ueber morphologische Bedeutung der Samenknospe. Flora 1874. – Zur Discussion über das Eichen, Bot. Zng. 1875 et suivantes.

(14) O. C. p. 292.

(15) Chr. Luerssen. Grundzüge der Botanik etc. 1877. p. 276.

valeur. Il me semble avec M. Cramer que les feuilles plus ou moins charnues trouvées par moi à des degrés différents de développement et dans des conditions assez variées, doivent être prises positivement pour des feuilles ovulaires. Cette manière de voir m'est suggérée par les considérations suivantes.

1) Dans les ovaires de la Chicorée le moins modifiée se trouvaient en guise d'ovules des feuilles solitaires d'une configuration particulière, qui renfermaient quelquefois des boutons ordinaires non floraux.

2) Dans les ovaires peu allongés formant transition aux ovaires supères, se trouvaient des boutons floraux, des capitules en voie de formation qui, cependant, étaient accompagnés de feuilles particulièrement conformées, pareilles aux feuilles des ovaires de la première catégorie.

3) Enfin, dans les ovaires qui avaient le plus dévié de l'état normal, les ovaires supères, se trouvaient des capitules accompagnés de feuilles relativement peu déformées, mais qui avaient aussi des particularités. En un mot, la première ou les deux premières feuilles qui se trouvaient sur les axes, renfermées dans les ovaires plus ou moins déformés de la Chicorée, présentaient de telles particularités, qu'il n'est pas possible de ne pas les compter pour des organes spéciaux, et dans notre cas pour des organes retournant à leur état primitif, se trouvant en voie de méthamorphose régressive, des ovules enfin retournant à leur état de feuilles ordinaires. Cela accepté, nous pouvons déduire, des faits par nous présentés, quelques considérations ultérieures. Ces faits semblent démontrer que la feuille ovulaire apparaît sur le prolongement de l'axe floral; elle ne peut donc aucunement être une émergence de la base d'une feuille carpellaire, ce qui tend à écarter les idées de M. Célakovsky.

La configuration particulière de la partie supérieure de la feuille ovulaire, l'élargissement de cette partie, sa division plus ou moins apparente en trois lobes qui deviennent charnus, tout cela porte à croire que l'ovule même provient de la transformation de cette partie supérieure. Le reste de la feuille, sa partie mince et étroite forme dans les cas normaux le pédicule de l'ovule, son funicule.

Quant au nucleus et à ses téguments, les faits observés ne me permettent pas d'émettre des conclusions définitives. La supposition suivante me paraît cependant la plus plausible. Le lobe médian formerait le nucleus, et les deux autres, en s'unissant, produiraient le tégument. Le lobe médian, dans sa position naturelle, se trouve effectivement penché en avant, et les deux latéraux se courbent vers lui et le recouvrent même en partie par leurs bords. L'apparition du tégument après celle du nucleus serait alors facile à expliquer, puisque le sommet de la feuille se forme habituellement avant ses autres parties : le développement d'une feuille trilobée, par exemple, commence toujours par l'apparition du lobe médian, qui est suivie par celle des deux lobes latéraux. J'ai pu même observer sur une feuille ovulaire en massue, la connexion de deux lobes latéraux. Cette observation n'était cependant pas assez claire pour que je puisse la compter pour définitive.

Ainsi donc, les faits que je viens de présenter, me forcent à me ranger à l'opinion de M. Cramer, avec cette différence, que le nucleus me paraît être, non pas une formation nouvelle de la feuille ovulaire, mais bien son lobe médian.

EXPLICATION DES FIGURES.

Planche I.

Fig. 1. Partie supérieure du second échantillon de Chicorée monstrueuse.

Fig. 11. Ovaire supère d'une des fleurs du premier échantillon grossi ; *a* en entier ; *b* décollé en haut ; *c* l'une des feuilles carpellaires avec le bouton remplaçant l'ovule.

Fig. 12. Un ovaire semblable décollé en deux jusqu'à la base, grossi.

Fig. 13. Feuille ovulaire ; *a* dans sa position naturelle ; *b* développée et considérablement grossie.

Fig. 14. Ovaire infère d'une fleur du premier échantillon ; il est coupé longitudinalement et légèrement déployé. La partie supérieure de l'ovaire est éloignée ; la feuille ovulaire est dans sa position naturelle.

Fig. 15 Une feuille ovulaire prise dans un autre ovaire semblable au précédent et légèrement déployée.

Fig. 16. Un bouton remplaçant l'ovule, pris dans un ovaire infère très-court, grossi.

Fig. 17. Bouton et feuille ovulaire prise dans un ovaire semblable au précédent ; *a* en entier ; *b* feuille ovulaire vue par son côté dorsal ; *c* la même feuille du côté opposé ; *d*, *e* la même feuille à lobes déployées.

Planche II.

Fig. 1. La partie supérieure du premier échantillon de Chicorée monstrueuse. Dessinée comme toutes les suivantes, d'après le sec.

Fig. 2. Un capitule indiqué dans la figure précédente par la lettre *a*, grossi ; les pédicelles sont étalés.

Fig. 3. Une fleur prise dans le capitule A du premier échantillon. La fleur entière est de grandeur naturelle ; celle qui est grossie n'est représentée qu'en partie pour montrer l'aigrette dans sa position naturelle ; l'aigrette étalée et grossie figure à côté.

Fig. 4. Deux feuillettes de l'aigrette d'une fleur du second échatillon, grossies.

16.
a
13.
b
15.
14.
l
a
d
11.
e
c
d
17.
b
b
c
12.
a
1.

1.
2.
3
4.
5.
5.a
6.
8
9
10
a
b
c

Fig. 5. Une fleur du premier échantillon, *a* de grandeur naturelle et grossie, *b* feuillette de l'aigrette transformée, grossie.

Fig. 6. Feuillette de l'aigrette d'une autre fleur du même échantillon, grossie.

Fig. 7. Capitule secondaire pris dans l'inflorescence fig. 2, grossie plus considérablement: *a* en entier et portant en bas l'aigrette transformée, la corolle et les étamines disjointes; *b* l'aigrette à part, grossie.

Fig. 8. Encore une fleur du premier échantillon, grossie ; traversée par le pédoncule. *a* Les feuillettes de l'aigrette et la corolle sont rabattues. *b* La même fleur du côté opposé.

Fig. 9. Une fleur prise dans le capitule fig. 2, grossie. Elle est ouverte et développée pour faire voir l'ovaire supère.

Fig. 10. Feuille du premier échantillon (capitule A, fig. 1). *a* grandeur naturelle et grossie ; *b* section longitudinale de l'ovaire avec l'organe remplaçant l'ovule ; *c* cet organe à part.

DESCRIPTION

DU

MÉTÉORITE DE VAVILOVKA[1]

PAR

M. E. PRENDEL.

Membre correspondant de la Société.

Au mois de Juillet 1876, le Musée de minéralogie de l'Université d'Odessa reçut, de la part de M. le Gouverneur de Kherson, deux fragments d'un météorite, qui pesaient ensemble 175 grammes. Cet envoi était accompagné du rapport suivant de l'Ancien de village de Vavilovka où la chute de ce météorite avait eu lieu :

« ..... le 7 Juin à deux heures de l'après-midi, » le ciel étant serein, on entendit dans l'air un bruit » semblable à un coup de canon suivi d'un craquement, » et l'on vit tomber une pierre extraordinaire, qui se » cassa en plusieurs morceaux pesant tous ensemble, » plus d'un *poude* (2). Le bruit fut si terrible qu'une

(1) Village de Vavilovka, 59° 1' 13" de long. (de ferro), 46° 9' de latit. Nord, Gouvernement de Kherson, Russie.

(2) Approximativement 16 kilogrammes.

» paysanne, qui se trouvait non loin de là, fut épouvantée
» au point de tomber par terre, et que du bétail, au pa-
» turage dans les environs, se dispersa sur la steppe....
» Il a été entendu à 15 verstes de distance.... Les frag-
» ments de la pierre ont été, à ce qui m'a été dit, empor-
» tés, par les paysans. Le plus gros morceau est mainte-
» nant entre les mains de M. Kireïevsky, propriétaire du
» lieu où le météorite est tombé..... »

Tels sont les seuls renseignements que j'aie pu me procurer sur les circonstances qui accompagnoient la chute du météorite.

M. le Directeur du Musée de Minéralogie, le professeur Golovkinsky, a bien voulu me permettre d'analyser un des fragments. Je lui suis ainsi redevable d'avoir obtenu, relativement à la composition chimique, les résultats que je me propose de communiquer.

La surface polie du météorite, examinée à la loupe, présente comme fond général une matière à grain fin, grise, maculée de taches blanchâtres à contours nets et anguleux. La matière des taches est également à structure granuleuse ; dans les surfaces de cassure du météorite, elle tranche, sur les autres parties, par l'éclat vitreux et comme un peu gras de ses grains. Je ne suis pas parvenu à distinguer de cristaux en examinant la matière grise à la loupe,

A cause de l'extrême fragilité du météorite, la préparation des lamelles minces pour l'étude de sa structure sous le microscope, présente beaucoup de difficulté. Sur quelques lamelles, j'ai observé que les petites masses blanchâtres présentaient un aspect rhomboïdal avec des contours bien accusés. Le rhomboïde était traversé par des fissures très-apparentes, parallèles à ses côtés longs, indi-

quant un clivage. Je soupçonne que je rencontrais alors la section d'un cristal.

Des parcelles de fer natif nickellifère sont disséminées dans toute la masse. Le fer sulfuré magnètique se trouve également dans le météorite, tantôt disséminé en petits grains, tantôt enchâssé, en amas. Cette pyrite magnétique n'a pas d'action sur l'aiguille aimantée (1). D'autres amas, formés par une substance noirâtre à contexture terreuse qui est probablement du fer chromaté, se rencontrent aussi, mais en très-petite quantité.

Un fragment du météorite est recouvert, de deux côtés, d'une croûte mate et noire; des stries saillantes, formant de très-faibles bourrelets, divergent en tous sens. L'épaisseur de la croûte varie de 0,6 à 1 millim. La pesanteur spécifique du météorite sans la croûte est 3.51 (à 25°, 5 cent.). Exposé au chalumeau, il fond en une scorie noire. Grâce à sa fragilité, il se réduit facilement en poudre dans un mortier d'agate. Cette poudre se dissout dans l'acide muriatique concentré en laissant un précipité d'acide silicique gélatineux. Un fragment du météorite a été exposé pendant quelques jours à l'action de l'acide hydrochlorique, qui a dissous presque toute la masse blanchâtre

(1) Il n'est pas improbable que cette propriété résulte de ce que le météorite, pendant sa course à travers l'espace cosmique a pu subir des influences qui rendent les corps insensibles à l'action décomposante des aimants. Parmi les influences capables de tels effets, qui nous sont connues jusqu'à présent, se trouve celle de la température qui joue le rôle le plus important; je ne crois pas qu'il y ait une hypothèse trop hasardée à supposer que le froid de l'espace cosmique a pu avoir sur la pyrite, l'influence dont il s'agit. On sait par exemple que le manganèse a sa limite magnétique à la température de — 25° à — 30° cent. Je n'étais pas en état de déterminer cette limite pour le pyrite magnétique, faute d'échantillons purs de ce minéral.

en n'agissant que faiblement sur la masse grise. Dans les deux cas, il s'est précipité une petite quantité de soufre provenant probablement de la pyrite magnétique.

L'examen d'une lamelle sous un microscope grossissant 30 fois, permet d'ajouter quelques détails à ce que la loupe a montré. La masse principale grise présente des inégalités de coloration; elle renferme des masses blanchâtres à configurations ordinairement irrégulières. Dans ces masses blanchâtres, on observe des lacunes remplies par la substance grise, et contenant parfois du fer natif. Quelques unes des masses blanchâtres conservent, sous le microscope, des contours bien rectilignes; elles laissent voir deux systèmes de fissures, qui les traversent en s'entrecroisant en partie. Je suis tenté de croire que ces fissures indiquent les directions de deux clivages distincts. La pyrite magnétique présente aussi deux systèmes de fissures à peu près perpendiculaires l'un à l'autre; en supposant qu'ici, comme dans le cas précédent, les fissures indiquent les directions des clivages et que la pyrite magnétique météorique ait les mêmes formes cristallines que le fer sulfuré magnétique terrestre (1), on retrouverait dans les fissures les plus prononcées la direction du clivage le plus parfait, tandis que l'autre système de fissures indiquerait le clivage le moins parfait.

D'après l'ensemble des propriétés minéralogiques et chimiques, le météorite étudié appartient à l'espèce Chondrite de M. G. Rose; je ne suis pas parvenu, toutefois, à voir les globules qui caractérisent les Chondrites de cet auteur.

(1) Cette similitude a été établie précédemment, par M. G. Rose, pour la pyrite magnétique provenant du météorite de Juvénas. (Pogg. Ann. 1825. Bd. IV, S. 180).

La composition chimique que j'ai trouvée est:

Acide silicique	53,81.	
Oxyde de magnésie	18,54.	
Oxyde d'alumine	8,75.	
Oxyde de fer	9,41.	
Pyrite magnétique	5,26.	(1)
Oxyde de calcium	2,07.	
Alcalis	1,14.	
Nickel	0,70.	
Chrome, Oxyde de manganèse	traces.	
Total	99,68.	

Le rapport de la quantité d'oxygène des bases à la quantité d'oxygène des acides est de 1 à 2. Ce qui indique un bisilicate. L'application des principes qui ont servi à M. Rammelsberg pour déduire la composition minéralogique des météorités de leur composition chimique, conduirait à voir, dans notre météorite, un mélange d'un minéral feldspathique (Labradorite? 28, 26 0/0) et d'une espèce d'amphibole (Amphibole? 63, 22 0/0).

(1) La pyrite magnétique est dosée d'après la quantité de soufre trouvée.

NOTE

SUR LE JANCZEWSKIA

NOUVELLE FLORIDÉE PARASITE DU CHONDRIA OBTUSA,

PAR

M. le Comte H. de SOLMS-LAUBACH,

Membre correspondant de la Société.

I.

La plante dont je me propose de donner la description dans cette note, fut trouvée par hasard pendant l'automne dernier, lors d'un séjour à la Station zoologique de Naples, à l'occasion de recherches que j'y fis sur le développement du *Ricardia Montagnei* Derb. Le *Ricardia* se trouvait en grande abondance sur une végétation de *Chondria obtusa* occupant un bassin peu profond et abrité contre le choc de la lame par une rangée de rochers plats que la mer ne dépasse qu'en cas de fort mauvais temps. L'endroit s'appelle « Scogliera della punta di Posilipo ». J'observais souvent, en arrachant les pieds du *Chondria*, de petits tubercules bosselés, de substance trémelloïde et de couleur jaune intense, orangée ou rougeâtre, qui les

faisait distinguer au premier coup-d'œil de leur support vert pâle (fig. 1, 2, 3). Ces tubercules ne se trouvent que sur les individus du *Chondria* croissant dans une eau très peu profonde; ils disparaissent au fur et à mesure que la profondeur augmente. Ayant cru d'abord que j'avais affaire à des paquets d'œufs d'un animal quelconque, je fus très-étonné d'y voir, à l'aide du microscope, des cystocarpes tout-à-fait semblables à ceux d'un *Polysiphonia*. Je vis en même temps que la substance du tubercule était identique avec celle du *Chondria* et qu'il ne formait qu'une excroissance de la tige de cette dernière plante, dont il était impossible de le séparer sans rupture. On aurait pu croire avoir affaire à une nouvelle espèce de *Chondria* dont les céramides, se développant à la périphérie de la tige au lieu d'occuper les extrémités des rameaux, se seraient concentrées sur ces tubérosités.

Cette manière de voir, qui en effet se présenta d'abord à mon esprit, dut être rejetée aussitôt, car les tubercules ne se trouvaient pas seulement sur les pieds stériles ou tétrasporiques, mais aussi sur d'autres, dont les branches étaient recouvertes d'innombrables céramides de disposition régulière. Il ne nous reste donc qu'à les considérer comme appartenant à une plante parasite végétant aux dépens du *Chondria*; et l'étude détaillée de leur développement m'a montré en effet qu'il en est ainsi, que chaque tubercule est un individu séparé d'une espèce qui, n'étant point décrite jusqu'ici, devra porter désormais le nom de M. de Janczewski, dont les études sur la formation du fruit dans les Floridées sont bien connues de tout botaniste.

Le *Janczewskia verrucæformis* n'est point confiné en certains endroits de la plante hospitalière. Toutefois, c'est sur les tiges principales de ses touffes qu'il se développe

avec le plus de vigueur. Ces tiges sont droites à l'état normal; de distance en distance elles portent des verticilles formés chacun de trois rameaux. Le *Janczewskia* se trouve le plus souvent dans l'angle que forment ces branches avec la tige; il les refoule alors en arrière tandis que la tige elle-même se replie un peu en forme d'un coude dont le tubercule occupe la convexité. S'il y en a plusieurs individus, ce qui a souvent lieu, elle forme un zig-zag peu apparent, étant rejetée alternativement de l'un et de l'autre côté. Quant à l'influence du parasite sur sa plante hospitalière, elle paraît en général assez insignifiante. J'ai vu des pieds de *Chondria* qui en portaient en abondance et qui non seulement n'avaient pas chétive apparence, mais se développaient même à merveille. Ce n'est que lorsque le parasite, après avoir fructifié, commence à se décomposer, que son influence peut lui devenir funeste à cause d'une foule de Nostochacées et Rivulariées qui se fixant d'abord sur ce point de moindre résistance, se propagent, envahissent la plante nourricière à son tour et en détruisent les tissus.

Les organes reproducteurs sont au nombre de trois dans le *Janczewskia* comme dans la plupart des Floridées. Il y a des anthéridies, des céramides, et des tétraspores en disposition triœcique. Cette triœcie est absolue, et s'il arrive parfois qu'un seul tubercule paraisse muni de deux de ces organes à la fois, il suffit toujours d'un examen attentif pour s'assurer qu'il est formé de deux individus rapprochés jusqu'à la soudure. Les tubercules de sexe différent se distinguent aisément déjà à l'aide d'une loupe ou bien même à l'œil nu. C'est surtout la plante recouverte de céramides (fig. 3) qui se reconnaît de suite à sa surface régulièrement bosselée comme celle d'une framboise. Les individus mâles (fig. 2) et tétraspo-

riques ne diffèrent que peu entre eux, leur surface étant munie de petites fossettes irrégulières dont les bords font saillie tout autour. La plante mâle offre en outre de petites taches blanchâtres occupant le fond des fossettes, et qui font défaut dans l'autre.

La coupe transversale (fig. 6) nous apprend que ces fossettes ne sont que les orifices d'un nombre égal de cavités simples, creusées dans la substance du tubercule et rappelant sous certains rapports les conceptacles qui contiennent la fructification dans les Fucacées. Elles en diffèrent cependant par leur irrégularité de taille et de forme. La masse blanchâtre, qui les remplit et dont le sommet, comme il a été dit, se voit d'en dehors, ne se compose que d'anthéridies en position et nombre variables selon les dimensions de la cavité.

Chaque anthéridie consiste en un bouquet touffu de filaments ramifiés et fasciculés, qui s'insère sur une saillie plus ou moins prononcée de la paroi receptaculaire et qui tire son origine d'une seule cellule superficielle. Si l'axe principal est simple, sa forme est à peu près pyramidale; si près de sa base il se divise en plusieurs rayons dont chacun se ramifie, elle devient irrégulière. Ces rayons n'étant ramifiés que dans leur partie inférieure, surmontent le bouquet comme des poils simples en guise de chapelet, à cellule terminale renflée et colorée en jaune clair (fig. 15). Leurs ramifications (fig. 18) se composent de petites cellules dont les terminales produisent chacune un corpuscule fécondant qui s'échappe en rompant la paroi au sommet. En somme, les anthéridies du *Janczewskia* présentent une structure analogue à celles du *Griffithsia setacea* (comp. Ann. sc. natur. sér. 3, t. 16, pl. 5), leur composition étant toutefois bien moins régulière.

La structure est presque identique dans les individus

tétrasporiques. Nous y trouvons les mêmes cavités à paroi munie de poils ramifiés. Ceux-ci sont divisés en quelques branches parallèles allongées, en forme de chapelet, et à cellule terminale renflée, de couleur jaune-clair. Il est aisé d'y reconnaître à l'état stérile ces mêmes organes qui, dans la plante mâle, font fonctions d'anthéridies. Cependant, dans la plante tétrasporique, l'orifice des cavités est moins large, le bord saillant en étant bien plus développé. C'est dans le tissu occupant la surface du tubercule que naissent les tétraspores; elles appartiennent toujours à la deuxième ou à la troisième rangée de cellules, comptées d'en dehors. Ce sont des cellules ovoïdes, disposées en sens radial, sans ordre apparent, et qui grandissent aux dépens de leurs voisines. Leur contenu visqueux est finement granulé et divisé en quatre. (fig. 8).

Nous avons constaté que la plante femelle, lorsqu'elle fructifie, se recouvre partout de céramides. Ce sont ces organes qui lui donnent ce singulier aspect bosselé. L'on y retrouve, en les disséquant (fig. 17), la structure de celles d'un *Polysiphonia* ou bien d'un *Chondria*. Le péricarpe est à peu près globuleux; il s'allonge un peu vers son sommet, perforé d'un orifice assez étroit. L'épaisseur de ce péricarpe est assez considérable; il se compose de petites cellules disposées sur plusieurs rangs. Sur sa face intérieure s'applique un réseau formé de filaments irrégulièrement anastomosés et ramifiés, dont les cellules allongées en diminuant vers l'ostiole et la base, passent insensiblement dans celles de son tissu. Nous allons voir que c'est la couche intime du péricarpe, et non pas le placenta comme le croit M. Agardh (1), qui produit ce

(1) Agardh, Sp. gen. ord. Alg. II, pars 3, p.789. « Fila quædam

réseau. Dans l'ostiole, les cellules contiguës par suite d'un accroissement irrégulier, font saillie vers l'intérieur. Le placenta basilaire à son tour se compose d'un petit amas de cellules de taille considérable, recouvert d'une multitude de filaments sporifères qui rayonnent assez symétriquement de tous les côtés. Ceux-ci, composés d'articles courts et de forme très-irrégulière, engendrent une foule de ramuscules fasciculés (fig. 7, 9) dont les cellules terminales en s'allongeant vont prendre la forme d'une massue et donner naissance chacune à une spore. Cette spore qui, lorsqu'elle est mûre, s'échappe de la membrane déchirée, nage librement dans le contenu muqueux du péricarpe. Son plasma est grisâtre, granulé et parsemé de vacuoles; le nucleus est situé dans son centre. C'est à l'aide de l'acide osmique dilué qu'on le voit le plus nettement.

Lorsqu'on étudie la plante à l'état plus jeune, au moment de la fécondation de ses procarpes, elle offre un aspect tout-à-fait différent. On y remarque en effet la structure dont il a été question à propos des autres sexes. Sa surface sillonnée est creusée de cavités qui, au lieu d'anthéridies, contiennent ces poils fasciculés que nous venons de décrire pour la plante tétrasporique. C'est également dans ces cavités et parmi les poils que se développent les procarpes en nombre indéfini et variant avec la grandeur de l'espace (fig. 11, 12 et 13). Ils sont assez petits et surmontés, lorsqu'ils attendent l'imprégnation, d'un trichogyne cylindrique de taille considérable et s'al-

magis peripherica cum gemmidiiferis a placenta egredentia, carpostomium versus porrecta, in multis vidi nunc fere libera nunc anastomosibus juncta, demum ut videtur gelatinæ copiam emittentia, cujus ope gemmidia peridermate liberata per carpostomium expelluntur. »

longeant au-delà de l'orifice de la cavité. Le trichogyne du *Janczewskia* ressemble beaucoup à celui du *Chondria tenuissima*, mais il est plus allongé (comp. Bornet et Thuret, Ann. sc. nat. sér. 5e, vol. 7, pl. 12, fig. 21-26). Sa copulation avec les corpuscules fécondateurs se fait de la même façon ; l'on en trouve qui se soudent à son sommet ou à un point quelconque de sa surface. Quant aux procarpes, ce sont de petits mamelons cellulaires à base élargie, tirant leur origine des cellules qui composent la paroi de la cavité et portant le trichogyne à côté de leur sommet. Il n'est pas facile de s'assurer de la disposition des cellules dont les procarpes se composent. Leur étude est rendue difficile par l'extrême petitesse des éléments qui les constituent et par leur situation sur l'évasement de la cavité. Par suite de cette position inclinée, ils ne se présentent jamais en entier dans le même plan ; d'autre part, il est impossible de les rouler sur eux-mêmes. Cependant, par des observations réitérées, je crois être arrivé à reconnaître qu'ils se composent de deux parties superposées, issues probablement de la segmentation de deux cellules-mères. C'est la partie basilaire qui donne naissance au péricarpe, tandis que l'autre constitue l'organe femelle proprement dit, dont les appareils trichophorique et carpogène sont juxtaposés l'un à l'autre. Une disposition analogue a été signalée pour le *Dasya coccinea* Ag. par M. de Janczewski (1); d'après les belles figures de MM. Bornet et Thuret (2), je suis porté à croire qu'il en est à peu près de même pour les *Polysiphonia*. Lorsque l'organe est encore jeune, l'appareil trichophorique se distin-

(1) Mém. de la Soc. des sc. nat. de Cherbourg, T. XX. 1876, p. 129, pl. 4, fig. 19-21.

(2) Ann. des Sc. natur. 5e sér. vol. VII, pl. 12, fig. 18-20.

gue assez nettement (fig. 11, 13); ses trois ou quatre cellules sont disposées en une série simple, c'est de la dernière de l'une ou de l'autre de ses extrémités que se formera le trichogyne.

Le procarpe augmente de volume ; pendant que la fécondation a lieu, les cellules carpogènes grandissent et se divisent ; elles s'entourent du péricarpe, composé d'abord d'une couche cellulaire simple qui s'applique intimement à leur surface. Ce développement, en comprimant et détruisant enfin la base du trichogyne, finit par le séparer de sa cellule trichophorique. Il ressemble alors à un poil qui s'insèrerait à la surface du péricarpe. Sa destruction s'accomplit pendant que la céramide se développe ; les parties supérieures en sont atteintes d'abord, la base en est plus résistante et on la retrouve quelquefois sur des fruits qui approchent de la maturité (fig. 7, *b*). A l'époque dont il s'agit, la section médiane de la jeune céramide se présente sous la forme de notre figure 5. On en remarquera la ressemblance avec les jeunes fruits du *Chondria tenuissima*. (Janczewski, *l. c.* pl. 4, fig. 16, 17).

Les modifications ultérieures qu'éprouve la jeune céramide sont aussi tout-à-fait parallèles dans les deux genres. C'est d'abord le péricarpe qui s'accroît, la partie placentaire restant stationnaire pendant un certain temps. Celui-ci se développe rapidement, ses cellules se multiplient, leurs divisions radiales vont élargir sa surface, les tangentielles l'épaississent en augmentant le nombre de ses couches cellulaires. Le tissu central ne s'accroissant pas dans les mêmes proportions, il se forme un interstice entre les deux, qui ne tarde pas à atteindre des dimensions considérables en se remplissant d'un liquide muqueux produit par les membranes adjacentes. C'est la cavité de la céramide, qui continue de s'agrandir jusqu'à

la maturité par suite de l'accroissement incessant du péricarpe. Les divisions radiales se faisant enfin moins fréquentes dans la couche la plus intérieure de celui-ci que dans les autres, il en résulte que les cellules s'en isolent presque entièrement et constituent les filaments anastomosés, dont il a été question précédemment et qui s'appliquent à la face intérieure du péricarpe. Vers la base et l'ostiole où cette différence est moindre, ces filaments se rapprochent, se soudent entre eux et se transforment en une couche cellulaire que l'on ne saurait distinguer des couches superposées.

C'est dans cet état de développement, que le port de tout le tubercule commence à changer. Les fossettes ont disparu, les cavités sont remplacées par des céramides, dont les sommets, en s'élevant au dessus de la surface, vont donner naissance à cette apparence bosselée que nous avons vu caractériser la plante fructifère. Le tissu placentaire, dans le fond de la céramide, recommence à s'accroître en dernier lieu (fig. 7, 17) ; il engendre les rameaux rayonnants qui vont produire les spores. En même temps l'appareil trichophorique disparaît, ses cellules se désagrègent, leurs membranes se transforment en une matière gélatineuse. Il n'est pas rare de le trouver en cet état à côté du placenta dont la végétation a déjà recommencé.

D'après les caractères que nous venons d'exposer, il est certain que nous avons affaire à une plante de la famille des Rhodomélées, qui se distingue des autres genres de cette tribu par la forme de son thalle peu développé, par ses tétraspores ovoïdes naissant dans les articles des filaments comme dans les *Polysiphonia*, par la position singulière de ses organes sexuels, enfin par les anthéridies en forme de bouquet qui s'éloignent beaucoup de

la plupart de ceux que l'on connaît jusqu'ici dans le cadre de la tribu. Ce n'est qu'avec celles du *Laurencia pinnatifida* qu'ils ont quelque ressemblance. Les individus mâles de cette plante ont été très-bien reproduits par M. Harvey (Phycol. brit. vol. 1, pl. 55), moins bien par M. Kützing (Tab. phyc. v. 15, pl. 66 *d*). Je n'en ai vu qu'un seul provenant du Golfe de Naples. Tous les rameaux se transforment en coupes plus ou moins profondes, dont la face intérieure est colorée en jaune. Elles contiennent un grand nombre d'anthéridies en guise de poils peu ramifiés et resserrés entre eux, recouverts de petits rameaux fasciculés qui produisent les corpuscules fécondateurs. Chaque anthéridie se termine en un petit bouquet de cellules renflées de couleur jaune intense. Il y en a une figure dans Harvey (*l. c.*); ce sont également ces organes qui ont été décrits par MM. Derbès et Solier (Ann. sc. nat. sér. 3, v. 14, p. 276, pl. 37, fig. 1-3). D'après ce qui vient d'être énoncé, il va sans dire que désormais le *Chondria* (*Laurencia*) doit être divisé en deux genres différents. Un premier (*Chondria*) comprendrait le *C. obtusa* et le groupe du *C. dasyphylla*, enfin toutes les espèces dont les anthéridies forment de petits plateaux cellulaires. Pour d'autres dont le *C. pinnatifida* et probablement le *C. hybrida* font partie, je proposerais de conserver le nom de *Laurencia*.

Sur la côte française le *Janczewskia* a été vu et récolté il y a vingt-trois ans par MM. Thuret et Bornet (1), mais en quantité insuffisante pour une étude détaillée. Les *Chorocolax* de M. Reinsch (Contrib. ad Algologiam, I, p. 61), plantes parasites stériles trouvées dans les herbiers sur différentes Floridées et dont le thalle paraît rappeler un peu

(1) Observation inédite tirée d'une lettre de M. Bornet.

notre plante, pourraient faire soupçonner qu'il existe un plus grand nombre d'espèces de ce genre, qui ont échappé aux observateurs peut-être à cause de leur ressemblance avec certains objets appartenant au règne animal.

II.

C'est depuis les travaux de Mr Nägeli (die neueren Algensysteme, p. 220, seq., tab. VIII), que nous connaissons la structure intérieure du *Chondria obtusa*, ainsi que son développement. Sa tige adulte se compose d'un parenchyme central incolore, à cellules assez larges et laissant des méats irréguliers entr'elles, et d'une couche cellulaire simple périphérique en guise d'épiderme dont les éléments resserrés, prismatiques, sont riches en protoplasme et en granules chlorophylliques. Tous ces tissus tirent leur origine de la segmentation d'une seule cellule végétative dont les segments se développent successivement au moyen de divisions parallèles et horizontales. C'est dans les plus jeunes segments déjà que naît l'épiderme, de façon que toute la plante en est revêtue, sans aucune interruption. Cependant on ne le retrouve plus dans les endroits qu'occupe le parasite, dont le tissu homogène peu coloré ne semble être qu'un prolongement du tissu médullaire qui viendrait en interrompre la continuité. Tout ce tissu du tubercule se trouve parsemé de cellules isolées, gorgées d'un suc jaune intense, dont le nombre augmente à mesure que l'on approche de la surface. Ces cellules appartiennent évidemment au parasite, elles rappellent celles qui terminent les rayons principaux des anthéridies ; ce sont elles enfin qui lui donnent la couleur jaune ou orangée. Il est possible que la plante

contienne de la chlorophylle, malheureusement j'avais négligé d'en constater la présence, ce qui ne peut plus se faire sur les matériaux conservés.

Après tout l'on voit bien que l'étude anatomique ne nous révèle que bien peu de chose. Il s'agissait donc d'étudier la plante en voie de développement. Malheureusement lorsqu'elle fut trouvée, avec la saison avancée, la plupart de ses individus étaient en pleine fructification. Çà et là cependant on en découvrait encore qui venaient d'apparaître à la surface du *Chondria* en se présentant sous la forme de petits mamelons à demi transparents. C'est dans ces individus qu'il est aisé de distinguer le tissu du *Janczewskia* de celui de la plante hospitalière (fig. 16). Son thalle végète dans le tissu médullaire de celle-ci ; il rappelle le mycelium de quelque champignon, ses innombrables filaments ramifiés vont former un réseau qui s'étend entre les parois et remplit les méats sans jamais pénétrer à l'intérieur des cellules. L'étendue de ce réseau, quoique toujours assez restreinte, est variable ; il rayonne autour du jeune tubercule en diminuant insensiblement vers la périphérie de l'aire attaquée. Les tubes flexueux en sont cloisonnés et se composent de cellules allongées, qui se distinguent des cellules environnantes par leur forme et leurs dimensions plus petites. Vers la base du tubercule naissant ces tubes se réunissent en plexus cellulaires, tout en éloignant les cellules du *Chondria* l'une de l'autre. C'est ici que prennent naissance des tubes en nombre indéfini qui s'élèvent en se frayant passage entre les cellules épidermiques pour faire naître le jeune tubercule dont il est question (fig. 16). Leurs articles diminuent vers le sommet ; ils s'accroissent au moyen d'une cellule terminale à segmentation transversale (fig. 9 *a*, 10 *a*). Les segments engendrent une foule de ramifications

dont l'accroissement périphérique est de peu de durée et dont les cellules s'allongent beaucoup plus que ne le font jamais celles du tube principal.

Le jeune tubercule est formé par l'ensemble de tous ces systèmes ramifiés, juxtaposés l'un à l'autre et réunis entre eux et au tronc de la plante hospitalière par la gelatine homogène et transparente que leurs membranes produisent en abondance. Comme les tubes principaux s'allongent bien moins que les rameaux secondaires dont les extrémités touchent à la surface, leurs cellules génératrices sont situées dans un plan beaucoup moins élevé. Il y a par conséquent au-dessus de chacune d'elles un espace où les cellules manquent, ce qui les fait ressortir au premier coup d'œil (fig. 9, 14). C'est là que vont se former bientôt les cavités fructifères.

Cependant s'opère la destruction de l'épiderme, ce qui ne s'effectue pas toujours de la même façon. Tantôt les tubes fructifères ne s'élèvent que peu ou même pas du tout au-dessus de sa surface ; alors les ramifications latérales se produisent entre ses cellules, les désagrègent, finalement les isolent, de sorte qu'elles ont l'air de corps étrangers dont la surface du jeune tubercule serait parsemée. Dans d'autres cas les tubes s'allongent davantage et ne se ramifient qu'au-dessus de la surface de la couche épidermique, dont les éléments alors ne se désagrègent que peu à peu (fig. 16). Enfin cependant l'accroissement en volume des tubes amène avec soi la destruction à peu près complète de l'épiderme qu'il traverse.

Rappelons-nous ensuite que les filaments dont se compose le tubercule ne sont point égaux, que les tubes principaux n'en atteignent pas la périphérie comme leurs rameaux, qu'il existe au-dessus de chaque cellule végétative une partie circonscrite où manquent les cellules, et

dont par conséquent la gelatine commune est unie. C'est dans cet endroit que l'on voit apparaître bientôt une lacune circonscrite, probablement à la suite d'un accroissement plus intense des parties environnantes. Elle est petite d'abord et située à proximité de la cellule végétative (fig. 9), mais elle se dilate promptement, tout en avançant vers la surface du tubercule qu'elle va rompre à la fin. Ce développement ayant lieu en même temps dans tous les systèmes de rameaux réunis, il en résulte la surface creusée de lacunes qu'offre l'individu adulte. Le tout augmente de volume, les cellules grandissent, leurs différences se perdent de plus en plus, en dernier lieu les parois des cavités se recouvrent de procarpes et de poils fasciculés, soit anthéridifères, soit stériles.

Il n'y a que fort peu d'espèces parasites parmi les Floridées décrites jusqu'ici, et encore leur parasitisme est-il loin d'être hors de doute. Je ne connais d'autre exemple que le seul *Ricardia Montagnei* Derb. qui possède un organe spécial destiné à pénétrer dans la plante hospitalière. Cet organe est formé d'une seule cellule basilaire, qui s'engage dans le tissu du *Chondria* pour s'y convertir en un utricule de taille considérable. Quant au *Choreocolax* de M. Reinsch, dont le thalle paraîtrait analogue à celui du *Janczewskia* d'après les figures de l'auteur, on ne saurait les lui comparer avant de connaître plus de détails ; le peu de données offertes dans l'ouvrage cité ne suffisent aucunement.

L'adaptation du *Janczewskia* à sa plante hospitalière est telle, que je doute que l'on en puisse trouver de plus prononcée dans toute la classe des Algues. Elle rappelle plutôt certains Champignons, ou bien parmi les Phanérogames, le groupe des Rafflésiacées. Il vaudrait peut-être la peine de revoir la totalité des algues parasi-

tes sous ce rapport. Voilà pourquoi j'ai tâché de donner l'histoire du *Janczewskia* aussi étendue que possible; je regrette seulement de ne pouvoir rien énoncer sur la germination de ses spores. J'aurais bien pu faire des cultures dans les bassins que j'avais à ma disposition, les arrangements ingénieux de la Station zoologique auraient permis sans doute de les mener à bonne fin. Mais malheureusement je n'avais aucun espoir de pouvoir les suivre jusqu'au terme voulu, le moment de mon départ étant très-prochain, une prolongation de séjour impossible.

EXPLICATION DE LA PLANCHE III.

Fig. 1. Rameau du *Chondria obtusa* portant plusieurs individus du *Janczewskia*. (Gross. très-faible).

Fig. 2. Plante mâle du *Janczewskia* (Gross. faible).

Fig. 3. Plante femelle recouverte de céramides mûres. (Gross. faible).

Fig. 4. Fragment d'un jeune rameau sporifère de la céramide. Ses cellules terminales commencent à se transformer en spores. (Gross. Hartn. obj. 8, oc. 3).

Fig. 5. Coupe longitudinale du procarpe à peine fécondé. (Gr. Hartn. obj. 8, oc. 3).

Fig. 6. Coupe transversale d'un individu mâle. (Gr. faible).

Fig. 7. Coupe longitudinale de la jeune céramide dont le sommet va s'élever au-dessus de la surface du tubercule. Le péricarpe est encore surmonté de la base persistante du trichogyne (*b.*). Dans le fond de sa cavité, le placenta commence à se recouvrir de rameaux sporigènes. Les cellules de l'appareil trichophorique sont en pleine destruction (*a*). (Gross. Hartn. obj. 5, oc. 3).

Fig. 8. Coupe à travers le tissu périphérique d'une plante tétrasporique avec deux tétraspores. (Gr. Hartn. obj. 8, oc. 3). — La figure a été réduite à peu près à la moitié de sa grandeur originale.

Fig. 9. Fragment d'une coupe du jeune tubercule offrant un rayon fructifère avec son système de rameaux. Au-dessus de sa cellule végétative (*a*), l'on voit naître la lacune circonscrite qui va se transformer en une cavité fructifère. (Gr. Hartn. obj. 8, oc. 3).

Fig. 10. Rayon fructifère d'un jeune tubercule après la transformation de la lacune close en une cavité fructifère. Dans le voisinage de la cellule végétative (*a*), les poils ramifiés commencent à se développer. (Gr. Hartn. obj. 8, oc. 3).

Fig. 11. Jeune procarpe avec son appareil trichophorique. La partie basilaire (*b*) va produire le péricarpe. La cellule *a* commence à se prolonger en trichogyne. (Gr. Hartn. obj. 10, oc. 3).

Fig. 12. Jeune procarpe avant le développement de son trichogyne. La partie basilaire produira plus tard le péricarpe. L'appareil trichophorique est caché par les cellules carpogènes. (Gr. Hartn. obj. 10, oc. 3).

Fig. 13. Jeune procarpe en voie de développement de son trichogyne montrant sa partie basilaire (*a*) et l'appareil trichophorique qui cache en partie les cellules carpogènes. (Gr. Hartn. obj. 10, oc. 3).

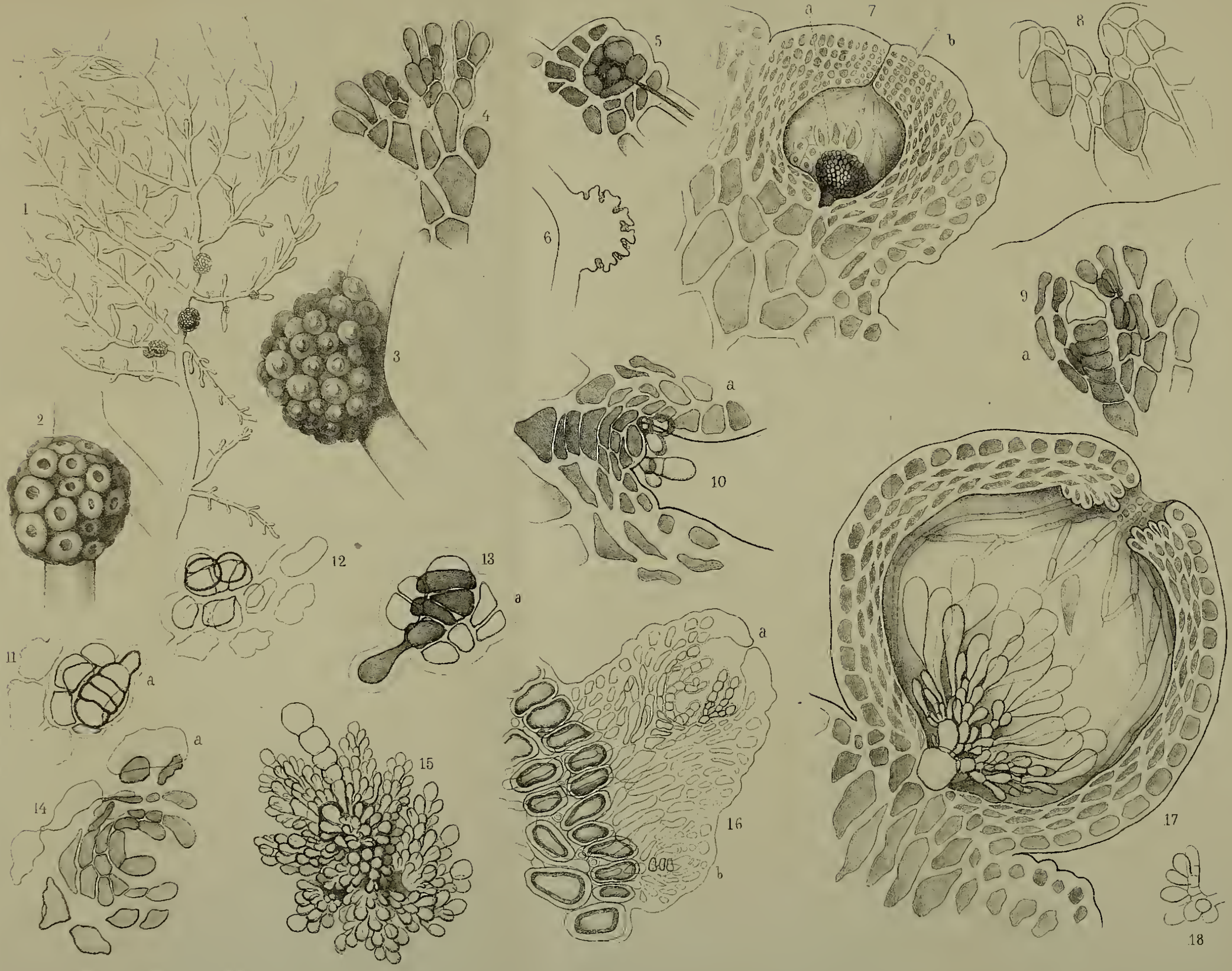
Fig. 14. Coupe du jeune tubercule passant à côté d'un rayon fructifère et par ses ramifications. L'on voit une des cellules épidermiques de la plante hospitalière (*a*). (Gr. Hartn. obj. 8, oc. 3).

Fig. 15. Esquisse d'un fragment d'anthéridie, dont le rayon principal se termine en poil allongé en forme de chapelet et à cellule terminale renflée. (Gr. Hartn. obj. 8, oc. 3).

Fig. 16. Coupe d'un tubercule naissant, montrant le thalle du parasite qui traverse l'épiderme de la plante hospitalière, et deux rayons fructifères avec leurs systèmes de rameaux. (Gr. Hartn. obj. 8, oc. 3). — La figure a dû être réduite à peu près à la moitié de sa grandeur originale).

Fig. 17. Coupe longitudinale de la céramide mûre. (Gr. Hartn. obj. 5, oc. 3).

Fig. 18. Fragment d'une anthéridie avec les cellules qui produisent les corpuscules fécondateurs. (Gr. Hartn. obj. 8, oc. 3).



H. et Schnas-Lanson del. H. Schenck lith.

NATURAL HISTORY.

TROISIÈMES MÉLANGES

DE

TÉRATOLOGIE VÉGÉTALE

PAR

Mr. D. A. GODRON,

Correspondant de l'Institut.

Dès l'origine de mes études botaniques, j'ai observé avec soin et étudié avec un vif intérêt les faits de tératologie végétale, que j'ai eu occasion de rencontrer et ils sont, peu à peu, devenus assez nombreux. Quelques-uns d'entre eux, exigeant une description détaillée pour débrouiller leur signification morphologique ou pour préciser les conditions dans lesquelles ils se produisent, on été publiés dans des mémoires spéciaux ; les premiers datent des années 1845 et 1846. D'autres ont été produits à l'appui de travaux relatifs à l'étude de la symétrie des organes floraux de plusieurs familles naturelles. Mais il m'en restait un assez grand nombre d'inédits et de très-variés. J'ai commencé à en décrire une première série, en 1872, dans les *Mémoires de la Société des sciences naturelles de Cherbourg*, sous le titre de *Mélanges de tératologie végétale* et, en 1874, dans le même recueil, une seconde série sous celui de *Nouveaux mélanges de tératologie végétale*. Pendant ces trois dernières années, mes recherches ont été plus actives encore et très-fructueuses. J'en fais l'objet du présent travail, me réservant de publier prochainement une étude générale sur les prolifications, dont j'ai recueilli de nombreux et curieux exemples.

I. — SOUDURES.

A. Fleurs ou parties similaires de verticilles floraux soudées entre elles.

Papaver apulum Ten. — Calice à quatre sépales disposés sur deux rangs. Corolle à huit pétales formant quatre verticilles. Deux pistils libres, divergents, entourés chacun d'un groupe spécial d'étamines. Les deux fleurs, en ce qui concerne le calice et la corolle, ont donc combiné leurs éléments ; ils restent distincts, au contraire, en ce qui se rapporte aux étamines et aux pistils. — J'ai vu deux fois ce phénomène anormal dans mes cultures.

Pelargonium zonale Willd. — Nous trouvons, comme dans le fait précédent, deux fleurs soudées. L'union est déjà visible dans le pédicelle, qui est épaissi au sommet, comprimé, muni de deux sillons opposés. Huit sépales, dont les deux supérieurs en partie soudés. Huit pétales libres. Etamines nombreuses. Deux pistils distincts. — Cultures de M. Bertier.

Fuchsia coccinea L. — Les fleurs naissent normalement solitaires à l'aisselle des feuilles, mais il arrive parfois que deux fleurs naissent à l'aisselle d'une même feuille, l'une un peu au-dessus de l'autre. Or ces deux fleurs peuvent se souder, ainsi que les pédoncules qui les portent, et ce fait n'est pas rare. On voit facilement la trace de la soudure des deux pédoncules par deux sillons opposés qui indiquent la limite de ces deux organes. Les tubes des deux calices, tant la partie soudée à l'ovaire, que celle qui est placée au-dessus, sont réunies dans toute leur longueur par une soudure étroite. Au-dessus les deux fleurs sont libres et normales dans leurs autres organes. — Cultures de M. Bertier.

Fuchsia globosa Lindl. — Nous avons rencontré une fleur de cette espèce, qui serait parfaitement normale, si

les quatre divisions du limbe du calice n'étaient pas soudées deux à deux. Mais, en même temps qu'il y a soudure, il y a aussi disjonction de ces deux parties dont l'isolement s'étend jusqu'à la partie supérieure de l'ovaire et fait disparaître la partie du tube calicinal qui est au-dessus. Chacun de ces organes réunis est ovale, très-concave et, ce qui démontre encore qu'ils résultent de la soudure de deux éléments similaires, c'est qu'à leur sommet ils sont brièvement bifides. — Cultures de M. Bertier.

Petuniæ hybridæ. — J'ai vu plusieurs fois, dans ces plantes, la soudure de deux fleurs à différents degrés :

1° Soudure de deux pédoncules comprimés, munis de côtes saillantes, mais restés libres au sommet et portant chacun une fleur distincte et régulièrement conformée.

2° Les deux calices sont confondus et présentent sept divisions très-inégales. Les deux tubes corollins sont soudés extérieurement l'un à l'autre dans toute la moitié inférieure de leur longueur. Il y a cinq étamines insérées à la gorge de chacune des corolles. Chaque fleur a son pistil distinct.

3° Le rameau, qui porte immédiatement les deux fleurs réunies, est franchement fascié, mince, large de cinq millimètres, finement strié. Les deux calices confondus ont quinze sépales libres, inégaux. Les deux corolles n'en forment qu'une ; elle est grande, offre de nombreux lobes ondulés aux bords. Deux groupes distincts de cinq étamines, entourant et isolant les deux pistils ; stigmates verts, luisants, oblongs. — Cultures de M. Bertier.

M. Ch. Martins a observé aussi la soudure de deux fleurs de la même espèce ; mais avec des caractères assez différents de ceux que présentent la soudure et la

fusion partielle des enveloppes florales, que nous venons de décrire (1).

Digitalis purpureo-grandiflora Godr. (2). — Calice à dix sépales inégaux, insérés sur deux rangs. Corolle très-ouverte, grande, campanulée, un peu déprimée en arrière. Huit étamines, dont quatre en avant, quatre en arrière, didynames dans chaque groupe. Deux pistils géminés, libres, réguliers.

J'ai observé deux fois le même fait sur le *Digitalis purpurea L.*

Gladiolus psittacinus Lindl. — Périanthe à tube évasé au sommet ; douze divisions florales bisériées. Neuf étamines insérées à la gorge. Ovaire infère à six loges ; deux styles, chacun à trois stigmates un peu pétaloïdes et munis sur les deux bords de papilles stigmatiques. — Cultures de M. Bertier.

Gleditschia triacanthos L. — Une famille voisine de celle des Césalpiniées, les Papilionacées n'offrent que bien rarement plusieurs gousses naissant dans une même fleur et on ne connaît jusqu'aujourd'hui qu'une seule espèce de cette dernière famille, l'*Affonsea juglandifolia Aug. Saint-Hilaire* (3) qui, à l'état normal, produit cinq gousses libres. Nous avons observé, plusieurs fois, sur le *Phaseolus vulgaris L.* (4), dans une même fleur, deux gousses plus ou moins longuement

(1) Ch. Martins, *Ann. des sc. nat.*, sér. 3e, t. II (1844), p. 362.

(2) Godron, *Nouvelles expériences sur l'hybridité dans le règne végétal* ; Nancy, 1866, in 8°, p. 33 (extrait des *Mém. de l'Acad. de Stanislas, pour* 1866, p. 356).

(3) Aug. Saint-Hilaire, *Voyage dans le pays des diamants*, etc ; Paris, 1833, in 8°, t. I, p. 386.

(4) Godron, *Mélanges de tératologie végétale* ; Cherbourg, gd. in 8°, p. 35.

soudées par leur bord placentairien (1). Les Césalpiniées, qui n'ont aussi normalement qu'une seule gousse dans chaque fleur, nous ont offert, d'abord, dans le *Gleditschia triacanthos L.*, deux exemples, dans une même fleur, de deux gousses soudées entre elles dans une partie de leur étendue. Mais ici la soudure n'a plus lieu par les bords placentairiens. Il n'existe qu'un seul pédoncule muni de quatre côtes un peu saillantes et opposées deux à deux, de telle sorte que les unes sont une décurrence des bords placentairiens, et les autres des bords qui ne portent pas de placentas. La soudure est plus ou moins étendue ; elle a lieu de telle façon, qu'à partir du pédoncule, l'une des gousses se soude à l'autre suivant une ligne oblique qui, du bord non placentairien, atteint le bord placentairien de l'autre gousse, et réciproquement. Les deux gousses réunies forment, dans la partie soudée, quatre ailes saillantes disposées en croix, dont deux opposées ne sont pas pourvues de graines, et les deux autres en sont fournies ; la partie libre des deux gousses, un peu écartées l'une de l'autre, se regardent par leur bord placentairien. Dans l'espèce dont nous parlons, les deux gousses sont un peu inégales et sont soudées dans leurs deux tiers inférieurs. — Jardin des plantes de Nancy.

Gleditschia sinensis Lam. — Cette espèce a les gousses moins allongées que la précédente, mais elles sont du double plus larges. L'existence de deux gousses soudées y paraît plus fréquente ; nous en avons vu dix-sept exemples. La soudure ne dépasse pas la moitié de la longueur des gousses ; le plus souvent elle est beaucoup moins étendue et peut même n'atteindre que trois cen-

(1) Godron, *Mélanges de tératologie végétale* ; Cherbourg, 1872, p. 35 (Extrait des *Mém. de la Soc. des sciences naturelles de Cherbourg*, t. XVI).

timètres. Plus elle est courte, plus elle est oblique et cette obliquité est encore augmentée par la plus grande largeur des gousses. Si la soudure ne se fait pas, suivant une ligne déterminée organiquement, par exemple comme celle des placentas dans le *Phaseolus vulgaris L.*, elle a lieu suivant une ligne oblique et presque jamais autrement.

Dans cette même espèce, j'ai vu deux fois seulement la réunion de deux gousses nées d'une même fleur ; mais la soudure ne fait plus une ligne oblique sur les faces. Elle s'opère absolument comme dans le *Phaseolus vulgaris L.*, c'est-à-dire par les bords placentairiens. La longueur de l'une de ces soudures est de trois centimètres, la longueur de l'autre est de six centimètres, non compris la soudure des podocarpes. — Jardin des plantes de Nancy.

B. Soudure de deux inflorescences.

Dahlia variabilis Desf. — J'ai observé quatre ou cinq fois, sur cette espèce, l'union de deux calathides, portées sur un même pédoncule. Les deux périclines sont soudés par leur face inférieure, de façon que les deux inflorescences sont placées dans une direction fortement oblique et presque verticale. Elles regardent de côté en se tournant le dos. — Cultures de M. Bertier.

Pyrethrum roseum Bieb. — J'ai rencontré, mais une seule fois, sur cette seconde espèce, absolument le même genre de soudure, que dans le cas précédent.

C. Soudure de deux feuilles.

Begonia Rex Puzeys. — J'ai publié, il y a trois ans (1), une observation de soudure complète de deux feuilles de cette espèce. J'ai observé depuis deux variantes importan-

(1) Godron, *Nouveaux mélanges de tératologie végétale ;* Cherbourg, 1874, grand in-8°, p. 4. (Extrait des *Mém. de la Soc. des sc. nat. de Cherbourg*, t. XVIII).

tes de ce fait tératologique et je crois utile de les faire connaître.

Premier fait. — Les deux pétioles sont réunis dans toute leur longueur. C'est par leurs grands côtés que la soudure des limbes se produit et seulement dans la moitié inférieure de leurs bords similaires, mais assez obliquement pour que les deux nervures médianes divergent d'un peu plus d'un angle droit et que les deux limbes, étant libres dans leur moitié supérieure, aient leurs sommets très-écartés l'un de l'autre. Les grandes oreillettes ne se soudent pas par leurs bords pour former une crête saillante, comme dans le fait que nous avons décrit en 1874 ; mais elles restent parfaitement libres, s'étalent dans le plan général, se recouvrent l'une l'autre et masquent ainsi le tiers supérieur du pétiole commun. — Cultures de M. Bertier.

Second fait. — La soudure des limbes a lieu par les mêmes côtés, mais elle est encore plus oblique et se fait presque base à base. Aussi les deux nervures médianes divergent entre elles de 148°. La soudure a lieu à partir de l'insertion des pétioles réunis et mesure trois centimètres d'étendue. Au-dessus et au-dessous se trouve une échancrure étroite de deux centimètres de profondeur. J'ai observé un autre cas de soudure, qui ne diffère de celui-ci, que par l'inégalité assez grande des deux feuilles soudées. — Cultures de M. Bertier.

Troisième fait.— Sur une bouture, deux feuilles sortant de la jeune souche sont soudées dans presque toute la longueur de leurs pétioles. Les deux limbes sont libres, de même taille, ovales, presque équilatères, ils sont appliqués dos à dos l'un contre l'autre. — Cultures de M. Bertier.

Begonia tuberosa Lam. — Les feuilles sont soudées par leurs grands côtés, de telle sorte que l'échancrure de la

base du limbe, au point d'insertion des pétioles réunis est assez large, mais superficielle. Les sommets des deux feuilles sont assez écartés l'un de l'autre et l'angle qui sépare les deux nervures médianes, égale 98°. Le bord supérieur, superficiellement lobulé et denté, est presque droit.

Sur un autre pied de la même espèce, deux feuilles sont soudées bien plus obliquement, également par leurs grands côtés. L'échancrure de la base est très-ouverte et assez faible ; les deux sommets libres sont acuminés, divergents à ce point que les nervures médianes sont sur la même ligne. — Cultures de M. Bertier.

Pelargonium zonale Willd. — Feuille axillaire à limbe infundibuliforme, évasé et passablement oblique. Le pétiole est déprimé latéralement et ses faces latérales sont parcourues par deux sillons opposés, qui s'élargissent sous le limbe, y deviennent moins superficiels, sont séparés l'un de l'autre par deux côtes assez saillantes, qui ont pour prolongement deux nervures principales et opposées du limbe. Ces faits indiquent la soudure de deux pétioles contigus et superposés. Le limbe en entonnoir a quatre lobes peu profonds, inégaux, irrégulièrement dentés ; il est parcouru par quatre nervures ; trois d'entre elles se réunissent par leur base au pétiole supérieur et se répandent dans les trois lobes du limbe qui sont de moindre grandeur. La quatrième nervure appartient au pétiole inférieur et le limbe de la seconde fleur est représenté par un seul lobe, mais le plus grand des quatre. Les nervures de l'une et de l'autre feuilles soudées, s'anastomosent par leurs dernières ramifications, tracent les limites qui séparent les individualités organiques des deux limbes, comme les sillons des pétioles soudés fixent également leurs limites. — Cultures de M. Bertier.

J'ai décrit déjà un autre fait analogue, observé sur une

autre espèce du même genre, mais qui s'en distingue par le point d'insertion des feuilles soudées et par la régularité parfaite de l'entonnoir (1).

J'ai observé aussi sur le *Pelargonium zonale Willd.* un autre mode de soudure de deux feuilles. Le pétiole s'élargit insensiblement vers le sommet et porte : 1° deux limbes de feuilles s'inclinant l'un un peu à droite et l'autre à gauche, se recouvrant dans les deux tiers de leur étendue, à peu près égaux en développement, mais à lobes irréguliers ; 2° un troisième limbe, parfaitement distinct des deux autres, beaucoup plus petit, un peu irrégulier, non lobé, est caché entre les deux autres limbes et inséré sur la partie médiane du sommet du pétiole commun. — Cultures de M. Bertier.

Tradescantia discolor L'Hérit. — Les feuilles de cette espèce sont spiralées, engaînantes à la base, rétrécies au-dessus, puis lancéolées. L'observateur, étant placé par supposition au centre de l'axe du rameau, le bord droit de la gaîne d'une feuille très-jeune touche la nervure médiane, du reste normalement peu développée, de la feuille immédiatement supérieure dans l'ordre de la spire et se soude à cette nervure. Cette union a lieu dans une plus ou moins grande étendue. Dans un premier exemple que j'ai observé, la soudure n'existe que dans le quart inférieur des deux feuilles ; leurs parties restées libres s'écartent l'une de l'autre et tendent à reprendre la position normale qu'elles occupent dans l'ordre spiral, lorsqu'elles sont complétement isolées. D'autres fois elle s'étend à presque toute l'étendue des deux feuilles, l'inférieure ne se montrant libre que par son sommet très-court, et ces deux feuilles rapprochées et unies par la soudure,

(1) Godron, *Nouveaux mélanges de tératologie végétale* ; Cherbourg, 1874, g^d in-8°, p. 1 (Extr. des *Mém. de la Soc. des sc. nat. de Cherbourg*, t. XVIII).

occupent sur l'axe une position intermédiaire entre celles qui naturellement appartenaient à l'une et à l'autre à l'état de liberté. Enfin la soudure peut avoir lieu dans la longueur des deux feuilles.

J'ai vu quatre faits de ce genre sur des boutures provenant d'un même pied, qui lui-même avait présenté une pareille anomalie.

Cette monstruosité est remarquable, en ce que la soudure n'a pas lieu par des parties homologues des deux feuilles. — Cultures de M. Bertier.

II. — DISJONCTIONS.

Primula elatior Jacq., var. parviflora Boreau (Pr. secundiflora Goupil). — Cette variété, de moitié plus petite que le type dans toutes ses parties, est cultivée dans mon jardin depuis plusieurs années. Un pied m'a présenté, sur toutes ses inflorescences, des fleurs, dont presque toutes les corolles sont divisées, tantôt jusqu'à la base en cinq pétales longuement et étroitement onguiculés, tantôt les divisions ne sont pas aussi profondes ou ne séparent complètement qu'un ou deux pétales. Sur ces pétales libres, une étamine à filet très-court est insérée aux deux tiers supérieurs de l'onglet.

Pentstemon gentianoides. Poir. — Sa corolle à cinq lobes m'a plusieurs fois offert sa lèvre supérieure fendue profondément dans la direction du plan médian de la fleur. Il y a quatre étamines régulières et la cinquième est déformée et stérile (staminode). Le style passe entre les lèvres de la division de la corolle, comme cela se montre dans la fleur des *Teucrium*. — Cultures de M. Bertier.

III. — PARTITIONS DES AXES VÉGÉTAUX.

Rosa rubrifolia Vill. — La tige coupée près de la racine mesure 0^m235 de longueur avant de se bifurquer ;

mais cette partie inférieure est comprimée dès la base et présente dans toute sa longueur deux sillons longitudinaux opposés, qui d'abord superficiels, deviennent successivement plus profonds au fur et à mesure qu'on les examine plus haut, jusqu'au point où ils séparent la tige en deux rameaux arrondis, qui s'écartent sous un angle extrêmement aigu. — Jardin des plantes de Nancy.

Agrimonia Eupatorium L.— Sur une grappe longue de 0m26, le sommet est bifurqué en deux branches inégales, dressées et entrecroisant leurs fruits. — Liverdun.

Rubus Idæus L. — J'ai décrit, en 1874 (1), la partition en deux parties du réceptacle de cette espèce. J'ai revu plusieurs fois le même fait, principalement sur les tiges de l'année, portant fleurs et fruits en automne, à la partie supérieure des framboisiers, auxquels les horticulteurs ont imposé le nom absolument irrationnel de *remontants* et que nous avons nommés *bifructifères* (2). J'ai vu depuis la division longitudinale du réceptacle en trois parties. — Mon jardin.

IV. — FASCIES.

Delphinium Requieni D. C.— Tige fasciée dès la base, de plus d'un mètre de longueur, large de trois centimètres dans presque toute son étendue, brièvement courbée en crosse latéralement au sommet, portant une énorme grappe simple. — Jardin des plantes de Nancy.

Erodium cicutarium L'Hérit. — Une racine longue et très-épaisse au sommet cylindrique, née à la fin de l'été, porte à l'automne une rosette de feuille très-dense, étalée

(1) Godron, *Nouveaux Mélanges de tératologie végétale*, p. 11, (*Mém. de la soc. des sc. nat. de Cherbourg*, t. XVIII).

(2) Godron, *Observations sur les formes bifructifères du Framboisier cultivé* (*Ann. de la Soc. d'agriculture de Nancy*. t. II, p. 1).

sur le sol ; du centre de cette rosette s'élève une tige fasciée, très-comprimée et finement striée, longue de 0m09, large de 0m015, au point où elle s'insère à l'extrémité supérieure de la racine dans la direction de son diamètre, tronquée carrément au sommet et porte une crête de dix-huit fleurs, inégalement, mais brièvement pédonculées. — Mon jardin.

Cucumis colocynthis L. — La longueur de cette tige fasciée dans toute son étendue est de 3m40 ; sa plus grande largeur est de 0,11 ; elle est sillonnée de grosses côtes sur ses faces ; elle porte treize fruits. C'est, je crois la fascie la plus longue que l'on connaisse : elle n'a pu être desséchée. — Cultures de M. Bertier.

Saxifraga umbrosa L. — Une tige fleurie de 0m22 de hauteur, large de trois millimètres, est régulièrement fasciée dans toute sa longueur, sans que l'inflorescence ait été autrement modifiée, si ce n'est par sa pauvreté et son étroitesse. — M. Raoul Guérin.

Carlina vulgaris L. — J'ai déjà décrit une fascie de cette espèce (1), mais qui appartient à une autre section que celle qu'il nous reste à faire connaître. Celle-ci est longue de 0m35, s'élargit peu à peu de la base au sommet jusqu'à atteindre dans sa plus grande largeur 0m10 ; elle porte treize calathides disposées en crête et serrées les unes contre les autres. Cette plante a trois rameaux, l'un qui naît un peu au-dessus de la racine ; les deux autres, beaucoup plus courts, s'échappent des bords de la fascie, un peu au-dessous de son sommet ; ils portent chacun une calathide. — Côteaux des environs de Nancy.

Convolvulus mauritanicus Boiss.— Tige fasciée, mince, finement striée, longue de 0m35, s'élargissant insensible-

(1) Godron, *Mélanges de tératologie végétale* ; Cherbourg, 1872, in-8°, p. 23 (Extrait des *Mém. de la Société des sc. nat. de Cherbourg*, t. XVI).

ment jusqu'à 0m02, émettant de l'un des bords de la fascie, trois rameaux, l'inférieur normal, les deux autres fasciés et terminés par une petite crête de feuilles agglomérées. — Cultures de M. Bertier.

Daphne Laureola L. — Tige insensiblement fasciée de la base au sommet sur une longueur de 0m25, mesurant 0m035 dans sa plus grande largeur, munie de petites côtes rapprochées et portant au sommet trois rameaux un peu inégaux, également fasciés, terminés en crête et couronnés chacun par un bouquet de feuilles serrées les unes contre les autres. — Recueilli aux environs de Paris par M. Raoul Guérin.

Asparagus officinalis L. — Fascie mesurant 0m90 en longueur et 0m035 dans sa plus grande largeur, mince, pourvue de côtes assez saillantes et naissant au-dessous des points d'insertion des rameaux ; ceux-ci très-nombreux, très-grêles, portant fleurs et disposés en nombreuses lignes obliques interrompues ; la fascie est courbée dans sa moitié supérieure en une large gouttière, puis se divise en deux branches inégales, l'une de 0m06, l'autre de 0m09 de long, s'élargissant un peu à leur sommet qui est tronqué carrément. — Cultures de M. Bertier.

Fritillaria imperialis L. — La fascie occupe la totalité de la tige ; elle mesure en largeur 0m02. Elle est mince, striée. Le bouquet de feuilles, qui normalement couronne le sommet de la tige, est beaucoup plus fourni que d'habitude, mais les fleurs sont moins nombreuses. — Jardin des plantes de Nancy.

Hyacinthus orientalis L. — La hampe est très-aplatie et s'élargit insensiblement jusqu'à atteindre 0m01 vers le sommet de l'inflorescence. — Jardin des plantes de Nancy.

Le nombre des fascies, que j'ai décrites dans mes pré-

cédents mélanges tératologiques et dans ceux-ci, s'élève à cinquante-quatre. Les auteurs en avaient déjà signalé un assez grand nombre et néanmoins leur étude n'a jusqu'ici fourni aucune lumière sur la cause qui détermine ce phénomène assez complexe. Linné a voulu cependant l'expliquer et s'exprime ainsi : *Fasciata dici solet planta, cum plures plantas connoscantur, ut unus ex pluribus instar fasciæ eradat et compressus. Fit idem arte, si plures caules enascentes cogantur penetrare coarctatum spatium, et parturiri tanquam ex angusto utero* (1). L'étude attentive des fascies ne permet pas de s'arrêter à ces explications, Nous nous en référons, du reste, aux conclusions que nous avons déduites des faits dans nos premiers *Mélanges de tératologie végétale*, publiés en 1872 dans les *Mémoires de la Société des sciences naturelles de Cherbourg*.

V.— PÉLORIES.

Dictamnus albus L.— Fleur terminant l'axe de l'inflorescence, dressée, très-ouverte. Pétales tous égaux, ovales, obtus, atténués en onglet court et étroit, tous uniformément veinés, formant une corolle parfaitement régulière. Toutes les étamines ont leurs filets droits et dressés symétriquement autour de l'axe de la fleur, et non déjetés en dehors et formant une courbe ascendante. Pistil dressé, droit, s'élevant au centre de la fleur. — Jardin des plantes de Nancy.

Pentstemon gentianoïdes Poir. — Cette espèce qui, par une culture déjà ancienne, a donné de belles variétés ornementales, c'est-à-dire en voie de variation, montre chez elle assez souvent, au sommet de l'axe primaire de l'inflorescence, une fleur dressée et parfaitement régu-

(1) *Linnæi Philosophia botanica*, 274.

lière dans toutes ses parties. Les enveloppes florales sont ordinairement à cinq divisions et les étamines, en même nombre, sont toutes dressées, droites et munies d'une anthère de forme normale et fertile. Plus rarement cette fleur terminale est tétramère, mais n'en est pas moins régulière.

Lorsque la fleur termine un axe secondaire, les étamines sont toutes fertiles, si cet axe est allongé; mais, même dans ce cas, le tube de la corolle est un peu arqué.

J'ai observé un fait identique sur un pied de *Pentstemon ovatum Hook.* — Cultures de M. Bertier.

Linaria cymbalaria Mill. — On a déjà indiqué la pélorie de cette espèce, mais non pas avec les caractères spéciaux que nous avons observés. Le calice est à cinq sépales libres jusqu'à la base, très-étalés, spathulés, aigus, assez brusquement atténués à la base. Corolle anectariée, régulière, tubuleuse, à cinq lobes étalés, oblongs, obtus. Cinq étamines régulières. Pistil dressé. C'est-là ce qu'on observe sur certaines fleurs où la pélorie est parfaite. Sur toutes les autres, le calice est conformé comme nous venons de l'indiquer, seulement parfois il a seulement quatre divisions; la corolle est souvent à lobes inégaux et paraît plus ou moins irrégulière; enfin j'ai vu sur une fleur trois éperons très-courts. — M. Zeiller, ingénieur des mines.

Gladiolus psittacinus Lindl. — J'ai observé deux faits un peu différents : 1° Sur une fleur, qui au premier coup d'œil paraît terminale au sommet d'une grappe florale, on voit, au point d'insertion de la fleur supérieure, un très-court prolongement de l'axe de l'inflorescence, couvert de boutons floraux rudimentaires et de bractées atrophiées, un peu déjeté sur le côté, de telle façon que la fleur supérieure développée est dressée par suite d'usurpation d'axe. 2° Sur une autre fleur, observée un an

après, la fleur est organiquement terminale. Ces deux fleurs se ressemblent par leur parfaite régularité. Le tube floral est droit; les trois divisions extérieures du périanthe sont égales et semblables dans leur coloration; les trois divisions intérieures sont plus petites et offrent les mêmes caractères de régularité; toutes sont dressées, étalées. Les étamines sont de même longueur, dressées. Le style est droit, à stigmates égaux, étalés. — Cultures de M. Bertier.

VI. — PÉTALOMANIE.

Les fleurs doubles résultent ordinairement de la métamorphose des étamines et des carpelles en pétales, sans que le réceptacle en soit sensiblement modifié. Mais un autre mode de multiplication des pétales, bien plus fécond par ses résultats, peut se joindre au premier et constitue précisément le phénomène que je nomme *pétalomanie*. Il consiste d'abord dans le prolongement du réceptacle qui s'alonge peu à peu en une colonne plus ou moins charnue, de laquelle naissent de nouveaux pétales qui se superposent successivement tout autour d'elle, au fur et à mesure que ce support central s'exhausse d'avantage. Mais ces nouveaux venus ne sont plus disposés en verticilles; ils m'ont paru former trois ou quatre spirales qui s'enroulent parallélement et qui doivent en définitif résulter d'une spirale générale, comme on l'observe dans les cônes des Pins et des Sapins. Ces pétales laissent par leur chute, sur l'axe charnu qui les produit, des cicatrices très-visibles.

Comme cette formation successive de pétales se produit généralement avec lenteur, il en résulte : 1° que les pétales les plus inférieurs se flétrissent et tombent les premiers, laissant voir d'abord les petites cicatrices des organes floraux verticillées et très-rapprochées les unes

des autres, et successivement les cicatrices plus apparentes, plus écartées les unes des autres, et tout autrement disposées des pétales spiralés ; 2° que les pétales se multipliant par le haut du support, tandis qu'ils se détachent par le bas, se remplacent, pour ainsi dire, ce qui donne à la fleur toujours très-double une longue durée, avantage très-apprécié de nos horticulteurs.

Nous avons constaté des faits de ce genre dans plusieurs Crucifères, un *Bignonia*, un *Antirrhinum*.

Barbarea vulgaris R. Br. — Dans cette espèce, lorsque les fleurs sont devenues très-doubles, par le mode de multiplication dont nous parlons, la grappe florale est toujours raccourcie, comme si la production excessive des pétales l'avait en partie épuisée. Les pédoncules sont très-courts et étalés à angle droit. Le réceptacle anormalement prolongé, peut atteindre un centimètre de longueur et porter encore à son sommet une petite masse sphérique de petits pétales serrés les uns contre les autres. Aussi la floraison se prolonge pendant deux ou trois mois. Les pétales, étant jaunes, ne changent pas de couleur, pendant le cours prolongé de leur évolution. — Cultures de M. Bertier.

Matthiola incana R. Br. — Les faits se passent ici exactement de même que dans l'exemple précédent. Seulement le prolongement du réceptacle est plus épais, plus conique et peut atteindre jusqu'à deux centimètres ; il est quelquefois sinueux dans sa longueur ou courbé en arc. Les pétales spiralés passent successivement par diverses colorations. Ils sont d'abord toujours virescents et un peu jaunâtres aux bords, si la variété est à fleurs blanches ; ces pétales, derniers venus, finissent par prendre définitivement cette teinte ; si, au contraire, la variété est à fleurs violettes, le limbe des pétales primitivement virescents, prend cette nuance, mais les onglets pressés les

uns contre les autres et privés ainsi de lumière conservent leur coloration primitive. — Cultivé dans tous les jardins.

Cheiranthus fruticulosus L. Mant. (Bâton d'or). — Ce fait ressemble absolument aux précédents.

Hesperis matronalis D. C. — Cette espèce présente assez rarement une prolification que j'ai décrite autrefois (1). Au premier aspect, cette monstruosité peut être confondue avec celle dont il va être question. Mais elle en diffère parce que, au-dessus de la fleur double ordinaire, l'axe floral ou prolongement du pédoncule reste nu, il est vrai, dans une assez faible étendue ; puis on trouve deux sépales opposés, produits par la transformation des deux feuilles carpellaires du pistil, comme le prouvent les petits ovules qu'on rencontre quelquefois aux bords de ces deux sépales ; ils embrassent un faisceau de pétales s'épanouissant à peu près en même temps que ceux de la fleur inférieure. On ne peut donc confondre cette monstruosité avec celle dont nous nous occupons actuellement et qui se montre avec les mêmes caractères que celle du *Barbarea*, du *Matthiola*, etc. — Jardin des plantes de Nancy.

Antirrhinum majus L. — Cette espèce offre aussi quelquefois, comme la précédente, une prolification endocarpique, mais plus souvent la pétalomanie spirale, que nous allons décrire. La fleur inférieure est formée de sépales et de pétales distincts, résultant de la transformation de la corolle gamopétale et des étamines. Le réceptacle s'allonge et peut atteindre près de deux centimètres, est épais et porte une masse de pétales formés successivement et

(1) Godron, *Description d'une monstruosité observée sur la fleur de plusieurs Crucifères ;* Nancy, 1845, in-8°, p. 12 (Extr. des *Mém. de la Soc. des Sciences, lettres et arts de Nancy*, pour 1845, p. 48).

serrés les uns contre les autres. La floraison a une longue durée. — Cultures de M. Bertier.

Begonia tuberosa Lam. — La fleur a ses pétales brièvement onguiculés; les inférieurs sont verticillés, ainsi que quelques étamines courtes et demi-avortées. Les autres plus grands sont disposés en une spirale lâche sur le prolongement du réceptacle très-grêle et long d'un centimètre. Tous les pétales sont uniformément colorés et paraissent être à peu près du même âge.— Cultures de M. Bertier.

VII. — MÉTAMORPHOSE DES ORGANES.

A. Transformation des divisions du calice en feuilles.

Trifolium repens L. — Le tube du calice est beaucoup plus long que d'habitude ; ses dents sont modifiées, mais à divers degrés. Tantôt elles s'allongent et s'élargissent, sont foliacées, lancéolées, acuminées; tantôt elles sont encore plus larges sous le sommet et se terminent par deux dents inégales, brièvement acuminées et très-aiguës; tantôt enfin, elles constituent cinq folioles pétiolulées, munies de nervures saillantes, obovées-cunéiformes et pourvues au sommet de dents très-aiguës ; cette dernière forme est le *Trifolium repens L. var. phyllanthum Seringe, in D. C. Prodromus*, t. II, p. 199.— Environs de Nancy.

Fragaria vesca L. — Calice divisé jusqu'à la base et présentant une feuille brièvement pétiolée et trifoliolée, assez régulière; une foliole simple, relativement grande, ovale, fortement dentée au sommet ; une autre foliole un peu moins développée que la précédente et sensiblement plus étroite ; enfin deux petites folioles entières, linéaires. — Mon jardin.

Primula grandiflora Lam. — Calice à tube de 5 millimètres; ses divisions sont transformées en véritables feuilles, peu inégales entre elles, d'environ quatre centi-

mètres de longueur, oblongues, obtuses, insensiblement atténuées à la base, dentelées aux bords, finement tomenteuses en dessous. Le reste de la fleur est régulier. — L'abbé Letendre.

B. Transformation des étamines en pétales et réciproquement.

Saponaria officinalis L. flore pleno. — Cette plante m'a déjà fourni deux monstruosités très-remarquables et notamment des faits nombreux de dissociation de ses éléments carpiques (1) et un cas de prolification endocarpique que je publierai plus tard. Mais j'y ai découvert en outre, en 1877, un exemple de transformation des étamines en pétales à tous les degrés. Dans les fleurs semi-doubles, on trouve souvent une ou deux étamines régulières ; puis on en voit à filet tenu, mais dont le connectif se renfle à son bord externe et s'étend au-dessus de l'anthère en une très-petite lame pétaloïde étroite, virescente à la base, colorée en rose au sommet ; les deux loges de l'anthère sont encore peu modifiées et blanchâtres. Sur d'autres fleurs la modification est plus avancée ; les loges de l'anthère sont demi-avortées et sans pollen, mais on trouve encore des restes de leurs parois qui occupent la base du limbe ; en même temps le filet s'est élargi et devient onglet. Enfin, sur d'autres fleurs, le limbe pétaloïde et l'onglet prennent la forme et les dimensions d'un pétale normal et les derniers restes des parois anthériques se sont transformés en deux petites dents aiguës, rapprochées qui appartiennent à la coronule. — Jardin des plantes de Nancy.

Fuchsia coccinea Ait. — Calice normal, à quatre divisions réfléchies. Corolles à quatre pétales fendus pro-

(1) Godron, *Mélanges de tératologie végétale* ; Cherbourg 1872, gd in-8o, p. 44 (Ext. des *Mém. de la Soc. des sci. nat. de Cherbourg*, t. XVI).

fondément en trois lobes. Il y a trois rangs d'étamines : 1° les étamines externes ont leurs filets à peine un peu plus épais que de coutume ; à leur sommet ils se dilatent en une expansion pétaloïde, formant un limbe très-oblique, coupé aux dépens de sa face externe, roulé en cornet très-peu profond et qui porte à son bord le plus déclive et sur sa face extérieure des traces évidentes de deux loges d'anthères ; 2° les étamines du second rang sont régulières et un peu plus longues que les précédentes ; 3° les étamines du troisième rang n'offrent rien d'anormal. Il y a donc ici une transformation incomplète d'étamines en pétales.

Ce qu'il y a de remarquable, c'est que la même espèce nous a fourni une transformation inverse, c'est-à-dire des pétales changés incomplètement en étamines. Le calice est aussi à quatre divisions. L'un des pétales à limbe assez large, atténué insensiblement à la base, est aussi roulé en cornet, mais son ouverture très-oblique regarde vers l'intérieur de la fleur, ce qui est précisément le contraire de ce que nous avons vu dans le cas précédent ; il porte aussi, au point le plus déclive de son bord, deux loges d'anthères très-distinctes. Les trois autres pétales ont leur limbe presque orbiculaire, de deux centimètres de diamètre, s'atténuant brusquement en onglet presque aussi tenu que le filet d'une étamine ; à la base du limbe, là où aboutit le support délié, se trouve, mais à la face interne, deux loges d'anthères assez bien conformées. Il y a, en outre, huit étamines disposées sur deux rangs et un pistil régulier.

Il y a donc des rapports très-étroits entre ces deux métamorphoses inverses et le principal caractère différentiel qui existe entre elles, c'est que dans la première, les traces d'anthères sont à la face externe

de l'expansion pétaloïde et, dans la seconde, à la face interne. — Cultures de M. Bertier.

Petuniæ hybridæ. — Calice normal. Corolle simple, ou double, virescente au bord de ses lobes, violacée à leur centre. Etamines, dont les filets élargis à leur base forment, en se soudant sur ce point, un tube large et long d'un centimètre. Du bord de ce tube s'élèvent des filets très-nombreux, libres, grêles, d'autant plus longs qu'ils sont plus extérieurs ; ils portent tous au sommet, tantôt des anthères normales, pouvues d'un pollen fécond, dont on peut se servir avec succès pour la fécondation des diverses variétés de *Petunia*, qui sont pourvues d'un stigmate normal. Tantôt, au contraire, les anthères sont déformées, dépourvues de pollen et le bord externe de leur connectif produit un très-petit limbe pétaloïde, virescent, étalé à angle droit, obové et atténué en un onglet court ; ou bien la transformation est plus complète ; le filet de l'étamine, d'abord très-grêle, s'élargit peu à peu, en même temps que le limbe à la fin très-agrandi et forme avec lui un pétale libre, longuement et insensiblement atténué à la base, violacé au centre et virescent aux bords. Il n'y a souvent qu'une petite partie des nombreuses étamines, qui se métamorphosent ainsi en pétales et la fleur paraît presque simple ; mais, lorsqu'un plus grand nombre, ou même toutes, elles éprouvent une semblable transformation, la fleur devient très-double. Ce qu'il y a de remarquable, c'est que, dans ce cas, la fleur est unisexuée, l'ovaire faisant constamment défaut. Ce fait n'est pas sans analogie avec le précédent. — Cultures de M. Bertier.

D. Transformation du pistil en feuille.

Galega officinalis L. — J'ai décrit avec détails, en 1846

(1), la transformation du carpelle de cette plante, à tous les degrés et sur de nombreux échantillons, depuis ses premiers indices, jusqu'à une feuille unifoliolée et, qui plus est, jusqu'à une feuille complète, imparipennée. Ce mémoire perdu, dans un recueil de province, au milieu de travaux variés, littéraires et scientifiques, est resté longtemps dans l'oubli (2). Aujourd'hui, où la même question renaît à l'occasion de faits analogues observés sur d'autres espèces, il me paraît utile de rappeler les caractères principaux de cette monstruosité.

Le calice est ordinairement normal. La corolle est raccourcie ; mais l'étendard et les ailes ont conservé leur forme ; la carène manque ou est remplacée par deux pétales libres spathulés. Etamines au nombre de dix, toutes libres et placées sur deux rangs. Les modifications de la gousse sont très-importantes et nous devons nous y arrêter.

Lorsque la gousse, encore très-jeune, s'ouvre, elle s'étale et forme une foliole semblable à la foliole terminale des feuilles ordinaires ; elle est articulée et pétiolulée. Il n'existe pas de cordons placentaires, ni d'ovules.

Si, au contraire, la gousse atteint tout son développement avant de s'ouvrir, elle est raccourcie et s'atténue à la base en un *stipes* creusé d'un sillon profond, prolongement de celui qui parcourt le bord placentairien du fruit. Si on l'ouvre, on voit des ovules attachés aux placentas dans la partie inférieure de leur étendue. Sur d'autres fleurs, la gousse s'entrouvre naturellement à cette même

(1) Godron, *De l'origine des cordons placentaires dans la famille des Légumineuses* dans les *Mém. de la Soc. des sc., lett. et arts de Nancy, pour* 1846, p. 187 à 194.

(2) M. Ducharte est le premier qui en ait parlé (*Éléments de botanique* ; éd. 1re (1866), p. 575 et éd. 2e (1877), p. 676.

place et, entre les lèvres de l'ouverture, on aperçoit un petit corps vert qui s'y trouve engagé. Dans un degré plus avancé, la gousse s'ouvre davantage et même dans toute sa longueur ; on constate que le petit bouchon n'est pas autre chose qu'une foliole pliée en long, contournée au sommet, courbée à sa base et articulée à l'un des cordons placentaires. Mais on découvre alors, qu'au-dessus de cette première foliole, on en voit une seconde tout à fait semblable, qui s'articule à l'autre placenta. Au-dessus de cette seconde foliole, on retrouve des ovules ou de nouvelles folioles. Ces organes foliacés occupent exactement la place où pourraient se trouver des ovules normaux et sont évidemment le résultat de leur transformation. Il y a plus, c'est que le pétiolule n'est pas autre chose que le funicule des ovules. Ces folioles devenues libres se déploient ; elles sont oblongues-lancéolées, surmontées d'une petite pointe sétacée, semblable à celle qui termine les folioles normales du *Galega officinalis L.* Le *stipes* de la gousse devient le pétiole commun par le rapprochement des nervures latérales de la gousse, qui se confondent avec les cordons placentaires et le sommet de la feuille carpellaire devient la foliole terminale.

J'ai déduit de ces faits, dans mon travail de 1846 (1), deux conclusions principales : 1° Les placentas appartiennent, dans la famille des Légumineuses, au système appendiculaire ; 2° les ovules sont une dépendance du même système (2).

(1) Godron, *De l'origine des cordons placentaires dans les Légumineuses* (*Mém. de la Soc. des sciences, lettres et arts de Nancy, pour* 1846, p. 194).

(2) Deux années avant moi, Adolphe Brongniart a décrit des faits à peu près semblables aux miens, observés sur le *Delphinium elatum* et sur le Navet (*Annal. des sc. nat.*, 3e série, t. II (1844), p. 20). Il en avait tiré des conclusions analogues à

J'indique aussi, dans le même travail, que des faits analogues ont été observés par moi sur d'autres légumineuses ; mais, ne les ayant pas décrits alors, parce que je n'ai pas pu suivre sur ces plantes, étudiées à l'état de dessication, toute la série des modifications, aussi bien que dans le *Galega officinalis L.*, je crois utile de faire connaître les observations incomplètes que j'ai pu faire sur elles. Ce sont les suivantes :

Trifolium repens L. — Les fleurs de chacun des capitules sont d'autant plus longuement pédonculées qu'elles sont plus intérieures et leurs pédoncules sont filiformes. Leur longueur varie, du reste, d'un capitule à l'autre, et toujours elle m'a paru d'autant plus grande que la déformation du pistil est plus prononcée.

Le calice est ordinairement normal, mais avec tendance à l'élargissement de ses divisions. Enfin il peut arriver qu'elles se transforment, soit partiellement, soit en totalité en petites folioles finement pédicellées, obovées-cunéiformes, tronquées et dentelées au sommet (*Trifolium repens, var. phyllanthum Seringe)*, modifications que nous avons décrites plus haut, mais qui coïncident assez souvent avec les modifications dont nous allons parler.

La corolle est régulière. Les étamines sont libres. Mais,

celles, qu'à son exemple, j'ai dû déduire moi-même. Cette question a été reprise récemment et on s'est appuyé de nouveau sur des observations tératologiques ou anatomiques pour établir que le placenta, le funicule, la primine, la secondine (quand elle existe) et même le nucelle, appartiennent au système appendiculaire. On peut consulter : 1° C. Kramer, *Bildungsabweichungen bei einigen Pflanzenfamilien*, etc., Zurich, 1864 ; 2° Van Tieghem, *Ann. des sc. nat.*, 5e série, t. XIV, p. 302 ; 3° Le Monnier, *Recherches sur la nervation de la graine* dans les *Annales des sciences naturelles*, 5e série, t. XVI, p. 297.

c'est surtout le carpelle qui offre, à différents degrés, des modifications importantes.

Premier degré. — Le carpelle est brièvement stipité, fermé, étroitement linéaire, atténué aux deux bouts; il atteint jusqu'à un centimètre de longueur et fait longuement saillie au-dessus de la corolle. Il se termine par un style et un stigmate. C'est le *Trifolium repens, var. unguiculatum Seringe* (1).

Second degré. — Sur d'autres capitules, la plupart des fleurs ont leur carpelle transporté en une feuille unifoliolée, portée sur un pétiole d'origine carpellaire, filiforme, très-saillant au-dessus de la corolle et se termine par une foliole terminale, d'abord pliée en deux, apiculée. Cette foliole est articulée et, à un degré un peu plus avancé de transformation, elle s'étale et se montre en cœur au sommet, rétrécie en coin à la base et dentée aux bords.

Troisième degré. — La transformation devient plus complète et le pistil, complètement modifié, devient une feuille trifoliolée, semblable aux feuilles ordinaires de l'espèce, mais plus petite. — Environs de Nancy (2).

Trifolium elegans Savi. — Sur cette espèce on observe tous les degrés de transformation du pistil que nous venons de signaler dans le *Trifolium repens L.* — Environs de Nancy.

Trifolium pratense L. — Toutes les fleurs d'un même pied sont brièvement pédicellées. Les enveloppes florales

(1) Seringe, in D. C. *Prodromus*, t. II, p. 199.

(2) Cette monstruosité a été étudiée sur le vif et dans ses premiers développements par deux savants botanistes, savoir : 1° Caspary, *Vergrünungen des weissen Klees* (in *Schriften der Königl. physik. ökon. Ges. zu Königsberg*, II *Jahrg.* 1861); 2° Lad. Celakovski, *Vergrünungs Geschichte der Eichen von Trifolium repens L.* (*Botanische Zeitung*, t. XXXV, 1877, p 138 à 183, taf. 2.) Ils ont apporté de nouveaux éléments dans la discussion.

sont normales. Mais le carpelle est métamorphosé en une feuille unifoliolée, dont la foliole articulée, obovée-cunéiforme, denticulée et échancrée au sommet, est terminée par un apiculum sétiforme. — Nancy.

Medicago lupulina L. — Les inflorescences sont nombreuses, plus rapprochées les unes des autres que dans le type; elles sont deux ou trois fois plus grosses, globuleuses et plus serrées. La gousse est brièvement pédicellée et, au lieu d'être courte, réniforme, obtuse, elle est étroitement lancéolée, atténuée à la base, acuminée, comprimée, virescente, très-saillante en dehors de la fleur; quelquefois elle est ouverte sur le bord placentairien; elle renferme quelques petits ovules. C'est évidemment le premier degré des monstruosités précédentes ; on pourra la rencontrer plus complète, — Nancy et Pont-à-Mousson.

Melilotus officinalis Lam. — M. Valentin Humnicki a pris cette monstruosité pour une espèce, et, qui plus est, pour un *Trigonella* nouveau qu'il décrit sous le nom de *Tr. multiflora;* celui-ci a l'aspect d'un *Medicago lupulina* et le fruit des *Trigonella :* mais il s'est toujours montré stérile (1). Je n'ai vu cette monstruosité qu'à son premier degré, comme la précédente; elle offre les mêmes caractères; elle n'est pas rare. Je l'ai aussi observée sur les *Melilotus macrorhiza Pers. et alba Lam.* — Environs de Nancy.

VIII. — TRANSFORMATION TOTALE OU PARTIELLE D'UNE INFLORESCENCE EN FEUILLES.

Centaurea Jacea L. — Sur deux rameaux, à feuilles très-rapprochées dans le voisinage de la calathide, on constate une transformation des écailles du péricline en

(1) V. Humnicki, *Catalogue des plantes vasculaires des environs de Luxeuil (Haute-Saône)*, in-8° de 75 pages; Orléans, 1876.

feuilles. Cette enveloppe de l'inflorescence est formée tout d'abord d'un nombre de feuilles plus considérable que celui des écailles qu'elle renferme normalement. Ces feuilles sont étroites, linéaires-lancéolées, aiguës, très-inégales; les extérieures atteignent jusqu'à quatre ou cinq centimètres de longueur; mais cette dimension diminue, ainsi que la largeur au fur et à mesure qu'elles sont plus intérieures; elles sont imbriquées et serrées les unes contre les autres. Mais au centre de la calathide, on observe un certain nombre d'écailles semblables à celles qui, dans cette espèce, forment ordinairement le péricline; elles sont pourvues de leur appendice scarieux et lacinié. Les fleurs manquent. Il y a donc ici une double métamorphose, celle des écailles du périclyne en feuilles et celles des fleurs en écailles. — Herbier de Soyer-Willemet.

Dipsacus sylvestris Mill. — J'ai observé une inflorescence de cette espèce, dont l'involucre extérieur est remarquable par la taille d'une partie notable de ses folioles. Six de ces appendices sont des feuilles lancéolées, aiguës, longuement atténuées à la base, longues de quinze à dix-huit centimètres ; deux autres sont de moitié moins longues et plus étroites que les précédentes ; enfin sept ont leur taille ordinaire. — Herbier de Soyer-Willemet.

Dianthus barbatus L. — Les axes de l'inflorescence trichotomique sont plus allongés que de coutume et inégaux entre eux. Tantôt on observe une fleur régulière, brièvement pédicellée, insérée à l'aisselle d'une bifurcation de deux axes opposés, secondaires ou tertiaires, rameux et feuillés. Tantôt quelques fleurs sont alternes le long d'un rameau de l'inflorescence feuillé dans toute sa longueur. Tantôt enfin un petit nombre de fleurs isolées terminent des rameaux feuillés de l'inflorescence. Les feuilles opposées de ces inflorescences sont généralement

très-rapprochées les unes des autres, bien plus étroites que les feuilles caulinaires, bien plus acuminées et souvent même tubulées. Les rameaux de l'inflorescence au lieu d'être raides et de former un faisceau compacte sont flexueux et irrégulièrement étalés. — Jardin des plantes de Nancy.

Coix Lacryma L. — Son inflorescence présente un organe, dont la signification morphologique ne paraît pas bien connue. Les botanistes le nomment *involucre*. C'est un corps ovoïde-conique, très-dur, luisant, creux et s'ouvrant au sommet par une petite ouverture oblique. Il renferme dans son intérieur trois fleurs : une femelle sessile et deux pédicellées qui sont neutres ; il en sort par l'ouverture indiquée un axe portant une petite panicule de fleurs mâles. Mais le bord de l'ouverture oblique est ordinairement nu ; j'ai vu, mais deux fois seulement, la partie supérieure de ce bord prolongée en une véritable feuille qui, à sa base est en gouttière, suit le pourtour de l'ouverture et ses nervures se prolongent d'un millimètre sur ce bord saillant ; le limbe de la feuille est long de 0^m15, assez large, acuminée, aiguë.

Sur un autre échantillon, je vois la même chose, à cette différence près, que le bord supérieur de l'ouverture donne naissance à une feuille bien plus courte ($0^m,02$), bien moins aiguë et plus fortement canaliculée à sa base.

Les feuilles qui naissent du bord supérieur n'ayant pas de gaîne et leurs nervures se dessinant sur la partie dure du bord de l'involucre, celui-ci est donc nécessairement la gaîne de cette feuille. — Jardin des plantes de Nancy.

IX. — TORSIONS.

Primula japonica Hort. — Sur un pied robuste de cette espèce, portant trois ombelles superposées, la hampe est

tordue sur elle-même presque depuis la racine jusqu'à l'origine de l'ombelle inférieure, c'est-à-dire dans une étendue de 0m,16. La torsion se fait de gauche à droite. — Cultures de M. Bertier.

Gleditschia triacanthos L. — Deux gousses encore molles de cette espèce, sortant de deux fleurs différentes, mais portées sur un pédoncule commun, et par conséquent mises en contact, sans cesser d'être libres, se sont enroulées réciproquement l'une autour de l'autre dans toute leur étendue et forment de droite à gauche quatre tours complets. Le premier tour est le plus long et le plus lâche et les deux gousses, dans son étendue, se croisent réciproquement à peu près comme la même ligne oblique suivant laquelle se produit, comme nous l'avons vu plus haut à l'article des soudures, l'union de deux gousses de *Gleditschia* issues d'une même fleur. Les trois autres tours sont plus brusques et les gousses s'embrassent plus étroitement. Les cordons placentaires sont en dedans mais complètement dépourvus de graines.

J'ai observé un autre fait de torsion sur deux fruits de la même espèce, mais qui diffère du précédent en ce que les deux gousses appartiennent à une même fleur, sont soudées par leurs podocarpes et par leurs bords placentairiens, dans une étendue de trois centimètres. Cette partie soudée du corps des deux gousses présente une torsion brusque formant deux tours de spire et au-delà les deux gousses divergent. Les placentas sont pourvus de graines. — Jardin des plantes de Nancy.

X. — AVORTEMENTS.

Abies pectinata L. — Un Sapin pectiné fort singulier a été trouvé en pleine forêt et a été transporté dans un parc à Saulxures, près de Vagney (Vosges). Sa photographie a été publiée, en 1869, dans l'*Herbier forestier de la*

France, par MM. de Gayffier et Arosa. Nous en donnons la description, d'après M. Mathieu, professeur et sous-directeur de l'Ecole forestière de Nancy.

La hauteur totale de ce Sapin est de 1^{m}849.

Sa photographie permet de distinguer dix-huit pousses annuelles apparentes. Aucune d'elles n'a produit de rameaux verticillés. Les feuilles ne garnissent plus complétement que les trois dernières pousses annuelles et leur petit nombre ne produit naturellement que peu de sève élaborée. Aussi l'accroissement en diamètre, sans être absolument nul, est-il insensible à l'œil, puisque, du sommet de l'arbre jusqu'à sa base, la circonférence ne s'accroît que de 0^{m}032 à 0^{m}040.

Ce Sapin tératologique n'est pas destiné à se reproduire, puisque, dans les espèces de ce genre, l'axe primaire est indéfini et que le bourgeon terminal n'est jamais florifère. Un tel pied, sans axes latéraux, est donc nécessairement voué à la stérilité.

XI. — ANOMALIES PHYSIOLOGIQUES.

Lilac vulgaris L. — Le 15 octobre 1876, j'ai trouvé cette plante en fleurs sur de jeunes rameaux très-vigoureux. Cette floraison anticipée s'explique ; l'automne fut très-chaud et les pieds fleuris n'étaient abrités que du côté du nord et recevaient le soleil en plein midi. Mais l'aspect des grappes florales fut singulièrement modifié. Les axes de l'inflorescence étaient extrêmement raccourcis et au lieu de former une panicule bien développée, les deux bourgeons floraux du sommet ont donné deux groupes de fleurs contigus, simulant deux capitules très-serrés. Les fleurs n'ont plus que le tiers de leur développement normal. Elles étaient complètement inodores.

Les bourgeons placés plus bas étaient fortement gon-

flés et, en les ouvrant, on reconnaissait qu'ils se préparaient à fleurir. — Jardins de Nancy.

Les monstruosités sont assez rares chez les plantes sauvages. La culture en plein air dans un sol fertile et les soins incessants donnés aux plantes d'ornement par nos horticulteurs, la sélection des sujets porte-graines, le métissage et l'hybridation, enfin le bouturage dans des conditions de chaleur, d'humidité, d'air confiné, de sol léger et riche conservent les variétés méritantes obtenues ou en créent de nouvelles. Ces faits sont parfaitement connus ; mais, ce qui ne l'est pas aussi généralement, c'est que tous ces procédés de culture et de multiplication donnent naissance à un grand nombre de cas tératologiques. C'est là ce que j'ai constaté dans les cultures de M. Bertier, horticulteur à Nancy, et petit-neveu du collaborateur de Mathieu de Dombasle. Mais ce n'est pas tout : ce jeune horticulteur possède un rare talent d'observation ; son œil scrutateur découvre les anomalies des plantes avec une perspicacité remarquable ; elles prennent immédiatement le chemin de mon habitation, et c'est grâce à son concours et à son extrême obligeance, dont je le remercie, que j'ai pu jusqu'ici observer et décrire un aussi grand nombre de monstruosités.

NOTE

SUR LES

MOUSSES DU PARAGUAY

Récoltées par M. Balansa de 1874 à 1877,

PAR

M. Em. BESCHERELLE,

Correspondant de la Société.

En dehors des quelques mousses recueillies par Ch. d'Orbigny dans la province de Corrientes, les bryologues ne connaissaient pas la flore de cette région de l'Amérique australe. M. Balansa vient combler une partie de cette lacune et, quoiqu'il n'ait exploré qu'une faible étendue du pays, celle qui s'étend de l'Assomption à Villa-Rica, on ne lui doit pas moins de la reconnaissance pour les mousses qu'il a rapportées de son voyage au Paraguay. Ses récoltes, dont une collection se trouve déposée au Muséum d'histoire naturelle de Paris, comprennent une centaine d'échantillons de localités diverses qui se rapportent à 46 espèces sur lesquelles 36 sont nouvelles. Quelques-unes sont communes à la région tropicale : *Barbula cæspitosa*,

Funaria calvescens, *Bryum argenteum*, *Mnium rostratum*, *Neckeropsis undulata*, *Rhacopilum tomentosum*, *Helicodontium tenuirostre* ; d'autres sont très-voisines d'espèces de Corrientes : *Fissidens suberispus*, *Physcomitrium Paraguense*, *Lasia Paraguensis*, *Lasia subcoronata* ; d'autres enfin sont très-rapprochées d'espèces que M. le Prof. Lorentz a envoyées de l'Uruguay et que M. le docteur Ch. Müller a bien voulu me communiquer : *Lorentziella Paraguensis*, *Bruchia aurea*, *Physcomitrium Paraguense*, *Erpodium Lorentzianum*, etc.

Mais on ne peut juger de la flore des Mousses du Paraguay par ce premier envoi de M. Balansa ; M. Ch. Müller a reçu de l'Uruguay, contrée voisine, plus de 400 espèces de mousses parmi lesquelles on compte plus de 300 *species novæ*. L'attention de l'habile investigateur de la Nouvelle-Calédonie a été appelée sur la récolte des mousses et nous ne doutons pas qu'à son prochain envoi de plantes du Paraguay, les mousses ne tiennent une place plus importante. Nous croyons devoir néanmoins donner ci-après l'énumération des mousses qu'il a récoltées au Paraguay, et une courte diagnose des espèces nouvelles.

MOUSSES DU PARAGUAY.

Bruchia aurea Besch. — Monoica ; cespites condensati, valde fructificantes. Caulis brevissimus, vix 1 mill. altus, simplex vel breviter bifurcatus ; folia erecta, appressa, ovato-ligulata, obtusa, integerrima, costa lato sub apice evanida ; capsula exserta minuta, breviter pedicellata, basi longe apophysata, clavato-pyriformis, aureo-luteola, apice longe apiculata ; calyptra mitrata lævis, basi 5-fida ; sporæ maximæ.

Assomption, juillet 1876, n° 1261.

Semblable par le port au *B. brevifolia* Sull., de la Caroline du Sud, mais différent par la forme de la capsule et par celle des feuilles.

Lorentziella paraguensis Besch. — Habitu *L. glaucæ* C. Müll. (Mss.) similis, sed differt : foliis haud longe ciliatis, tantum acuminatis, latioribus ; capsula majore, rotundata, granulosa ; sporis maximis globosis aurantiacis.

Assomption, sur les pelouses, juillet 1876, n° 1258.

Cette jolie Phascacée forme, avec les *L. glauca* C. Müll., et *L. Uruguensis* C. M., le type d'un genre nouveau, très-remarquable par ses grandes feuilles, qui rappellent d'une manière exagérée celles des *Sphærangium*, et par ses spores volumineuses qui offrent quelque analogie pour la grosseur avec celles de l'*Archidium*.

Hymenostomum Balansæanum Besch. — Caulis humilis simplex v. ramosus ; folia concava, basi latiora, intense viridia, sicca valde crispata, madida patula, lanceolata, acuminata, margine e medio crenulato canaliculata, involuta, apice subpapillosa, obscura ; cellulis inferioribus rectangularibus, pellucidioribus ; costa crassa continua ; capsula ovato-cylindrica, evacuata pal-

lide lutea, ore rubro ; operculum obliquirostre ; calyptra ad 2/3 longitudinem capsulæ descendens.

Assomption, sur la terre humide, août 1876, n° 1280.

Voisin du *Weisia Kunzeana*.

Trematodon palettifolius C. Müll. in litt. — Caulis brevissimus ; folia erecto-flexuosa, infima minora, media oblonga basi breviora, subito longe attenuata palettiformia tantum in apice rotundato crenato-denticulata, margine plano, costa a lamina omnino distincta ante summum evanida ; folia perichætialia majora late ovato-oblonga convoluta, brevius attenuata, apice rotundata denticulata ; capsula in pedicello circiter 15 mill. longo flavido erecto-arcuata, collo duplo longiore ; peristomium conicum fontinaloideum dentibus apice conniventibus medio hiantibus.

Villa-Rica, talus des chemins, septembre 1874, n° 1257.
Proche du *T. reflexus* C. Müll.

Fissidens subcrispus Besch. — Dioicus ? Caulis gracilis, curvulus, semiuncialis, sterilis 15-20 mill., fertilis sæpe ramosus 5-10 mill. longus ; folia 15-20-juga, crispa, remota, sicca in uno latere dejecta, ovata, brevia, toto ambitu anguste limbata, tantum apice lato, ut in *F. incurvo* immarginata, vel limbo in paginibus amplexicaulibus inferne obsoleto, margine sinuata denticulata, lamina dorsalis supra insertionem rotunde enata, lamina vera ultra medium producta, costa infra apicem evanida ; cellulis opacis minutis ; folia perichætialia laxius reticulata ; capsula terminalis, sæpe geminata, leptoderma, brevis, pallida, in pedicello 8 mill. longo horizontalis, nutansve, irregularis, ore rubro.

Assomption, sur les pelouses, juillet 1876, n° 1202.

Très-voisin du *F. crispus* Mont., de Corrientes.

Fissidens Balansæanus Besch. — Synoicus, gracilis, pusillus, vix 5 mill. longus ; folia obscure viridia, erecto-patentia, limbata, apice immarginata denticulata, lamina vera basi latius marginata, costa infra apicem evanida ; capsula terminalis in pedicello 4-6 mill. longo inclinata, irregularis.

Assomption, parois des puits. Août 1874, n° 1241.

Var. *limosus*, caulis brevior, folia limosa acutiora apice obsolete denticulata.

Yaguarou, sur la terre, n° 1245.

Anacalypta Paraguensis Besch. — Cæspites lati, densi. Caulis humilis vix 4 mill. longus; folia madida patula, sicca subcrispula, ligulata, obtusiuscula vel obtusa, fuscescenti-viridia, basi albicantia, integerrima, cellulis e medio ad apicem valde chlorophyllosis opaca, basi angustiora pellucida e cellulis longioribus latioribusque composita, costa lata valde infra apicem evanida; folia perichætialia intima obtusa appressa subconvoluta; capsula in pedicello 3 mill. longo tenui erecta, ovato-cylindrica, minuta, badia, haud nitens; peristomii dentes 8-geminati, breves, lutei; operculum breviter acuminatum obliquum; calyptra pallida, minuta 1/4 capsulæ longitudinem obtegens, omnino scabra.

Peragu, sur le tronc du Cocos yatai, n° 1220.

Très-voisin du *Weisia octoblepharis* Mitt. (*Spruce*, musci andini n° 163), mais différant au premier abord par l'opercule plus court, la coiffe scabre et les dents péristomiales géminées.

Barbula cespitosa Schgr.

Guarapi n° 1263; forêts à l'est de la Cordillère de *Villa-Rica*, n° 1264.

Ptychomitrium Balansæ Besch. — Dense cespitosum, compactum, humile; folia sicca crispato-incurva, intense viridia, a basi latiore ovali-ligulata, obtusa integerrima, costa valida, canaliculata, dorso nitente infra apicem evanida, cellulis basilaribus elongate quadratis pellucidis, ceteris obscuris; capsula in pedicello foliis perichætialibus duplo longiore erecta, ovata, annulata, badia, operculo subulato; calyptra lævis stramineo-viridis ad 2/3 capsulæ longitudinem obtegens; peristomii dentes subulati, punctulati, cruribus priùs cohærentibus, ætate per paria e basi fissis.

Yaguaron, sur les toits, mars 1877, n° 1235.

Le *P. incurvum* C. Müll., de l'Amérique du Nord, rappelle assez bien notre espèce, qui s'en distingue suffisamment par ses feuilles plus obtuses, du double plus longues, et par sa coiffe d'un jaune verdâtre.

Ptychomitrium vaginatum Besch. — Monoicum, *P. Fernandesiano* Mitt. simile, foliis tamen basi obcordatis, vaginantibus, apice acuminatis haud acutis, margine planis; calyptra superne scabra, inferne alte 8 lobata capsulam totam obvelans.

Cerro-Hu, dans les forêts, sur les rochers, n° 1234.

Ptychomitrium subdentatum Besch. — Monoicum, habitu *P. vaginati*; caulis vix semiuncialis; folia lata e basi ovato-lanceolata, apice obtuse dentato-crenulata, margine plana, costa sinuosa lata; capsula in pedicello 3 mill. longo ovata; calyptra lævis vel raris spinulis minutis inspersa, vix ad capsulæ medium descendens, breviter lobata.

Villa-Rica, forêts à l'Est de la Cordillère, n° 1238.

Schlotheimia Paraguensis Besch. — *S. fusco-viridi* proxima, sed magis compacta, foliis ovatis basi latioribus, breviter ligulata, perichætialibus longioribus acuminatis; capsulæ pedicellus cum vaginula 3-4 mill. longus; calyptra omnino scabra.

Pirayu, sur les troncs d'arbres dans les forêts, mai 1877, n° 1236.

Forma *pruinosula*.

Coaguasu, mars 1876, n° 1239.

Macromitrium phyllorhizans C. Müll. — *M. filiformi* Schgr. affine, gracilius, ramis julaceis erecto-patentibus, foliis interdum radicantibus, capsula longicolla, longe cylindrica satis diversum.

Pirayu, sur les troncs d'arbres, n° 1237; *Paraguari*, dans les forêts, n° 1240.

Physcomitrium Paraguense Besch. — Caulis 1-2 cent. longus, plus minus laxe foliosus, simplex; folia superiora spathu-

lata, basi elongata, acuminata, margine e medio obtuse serrata, costa infra apicem evanida, cellulis 5-6-gonalibus, basilaribus elongatioribus, laxioribus; capsula truncata, turbinata, ore majusculo; operculum magnum longe acuminatum ; calyptra basi trifida.

Assomption, bords des mares desséchées et sur les pelouses, nos 1229, 1231, 1232.

Cette espèce, qui varie beaucoup, est voisine du *P. Orbignianum* Mont., dont elle se distingue facilement par ses feuilles spathulées non dentées en scie, et par l'opercule acuminé.

Physcomitrium luteolum Besch. — Habitu *P. Thieleano* Hpe simile, sed foliis spathulatis e medio ad apicem serratis, calyptra basi in tribus laciniis divisa, operculo elongato obliquo.

Assomption, talus ombragés, n° 1230.

Entosthodon (Amphoritheca) Balansæ Besch.— Folia ovato-lanceolata, elongata, obtuse acuminata, margine involuto, apice crenato-dentato e cellulis hyalinis amplis subquadratis composito, costa cum acumine desinente rufa; capsula in pedicello 5-7 mill. longo purpureo erecta vel paulum inclinata, elongate clavato-pyriformis, longicolla, gymnostoma, ætate nigrescens, sicca sub ore coarctata ; operculum plano-convexum ; calyptra generis.

Assomption, sur la terre, dans les clairières, n° 1227; sur les talus, n° 1228 ; *Villa-Rica*, n° 1233 ; *Guarapi*, n° 1226.

Offre le port de l'*E. Mathewsii* Hook., mais s'en éloigne beaucoup par l'absence de péristome.

Funaria calvescens Schgr.

Paraguari, n° 1242 ; *Villa-Rica*, nos 1243 et 1244.

Mnium rostratum Schgr.

Villa-Rica, forêts à l'Est de la Cordillère, n° 1263.

Bryum argenteum L. var. *corrugatum* Hpe.

Assomption, sur la terre, dans les clairières, n° 1239.

Bryum (Eubryum) Paraguense Besch. — Dioicum, laxe cespitosum. Caulis brevis semiuncialis inter folia tomentosus; folia laxe patentia vel erecto-patentia basi angustiora elliptico-lanceolata acuminata, marginibus inferne reflexis e medio serrulatis obsolete limbatis, costa excurrente, cellulis flavidulis crasse limitatis utriculo primordiali repletis, inferioribus chlorophyllosis. Capsula in pedicello 30 - 35 mill. longo rigido purpureo horizontalis pendulave, longicollis longe ovato-clavata, operculo conico, annulo maximo composito ; peristomii interni cilia dentibus breviora, appendiculata, in membrana ad dentium medium vix producta impositis.

Villa-Rica, forêts à l'Est de la Cordillère, 29 septembre 1874, n° 1225.

Offre une assez grande analogie avec le *Bryum gracilescens* C. Müll., mais en diffère au premier abord par les tiges plus courtes, les feuilles plus étroites, non limbées et garnies de dents marginales moins aiguës.

Philonotis Balansæana Besch. — Monoica, tenella. Caulis brevis apice ramis 3 - 6 inæqualibus 3 - 4 mill. longis subteretibus; folia caulina plumosa erecta lanceolata acuta, margine e basi denticulata dorso vix scabra, cellulis laxis, costa viridi excurrente, folia perichætialia longiora, basi latiora, longe subulata remote denticulata; Perigonia infra perichætia obsita, gemmacea, foliis late ovatis coloratis longe subulatis dentatis, paraphysibus flavidis subclavatis numerosis. Capsula in pedicello basi sæpe geniculato 10 - 15 mill. longo horizontalis globosa striata, peristomio duplici normale.

Villa-Rica, sur la terre, septembre 1874, n° 1195.

Par son port, cette mousse se rapproche du *P. tenella* Müll., mais son inflorescence et ses feuilles perichétiales longuement subulées l'en éloignent suffisamment pour qu'on ne puisse la confondre avec elle.

Acrocryphæa julacea Hsch., sub *Grimmia*.

Villa-Rica, tronc des arbres, n° 1233.

Neckera (Leiophylla) Villæ-Ricæ Besch. — Rami bi-unciales vel majores pinnatim ramulosi, apice rotundati, ramulis obtu-

sis vel rarius attenuatis semi-uncialibus vel minoribus ; folia disticha, lævia, pallide lutea, nitida, asymmetrica elongate et latissime ligulata, apice truncato-rotundata haud latiora, subtiliter serrulata, acumine brevissimo instructa, costis binis obsoletis; folia perichætialia interna majora ovata, subito in aeumen longiusculum acutum subdenticulatum producta; eapsula immersa in pedicello breviusculo erecta vel subito horizontalis, ovato-eylindrica, vaginula valde paraphysata.

Villa Rica, forêts de la Capitindu, à l'Est de la Cordillère, sur les troncs d'arbres, n° 1254, associé au *Neckeropsis undulata*.

Neckeropsis undulata Hedw., sub *Neckera*.

Villa-Rica, trone des arbres, n° 1255.

Erpodium Paraguense Besch. — Cespites laxe prostrati ramosi, ramis laxe foliosis, ramulis teretibus vix complanatis dense foliosis, intense viridibus ; folia latissima, rotundato-ovata, coneava, appressa, subito in acumen longum hyalinum squarroso-patulum, basi latiusculum protraeta, integerrima, omnino dorso papillosa, ecostata ; cellulis inferioribus ad margines seriatim quadratis vel obsolete hexagonis, ceteris rhombeis ; folia perichætialia imbricata, majora, ovata, subito in acumen longiorem hyalinum vix denticulatum producta; capsula emersa, annulata; opereulum umbonatum, breve, conicum, obtuse apiculatum ; calyptra mitrata, eampanulata, basi 8-laeiniata omnino verrucosa.

Assomption, sur les troncs d'arbres, mai 1877, n° 1214.

Espèce voisine de l'*Erpodium Glaziovii* Hpe, de Rio-Janeiro et de l'*E. Lorentzianum* C. Müll. (Mss.) de la République Argentine ; eette dernière dont je n'ai vu d'ailleurs que des échantillons trop jeunes ou trop vieux que M. Ch. Müller a bien voulu me communiquer, paraît différer de notre mousse par des feuilles périchétiales dentées plus fortement et par la coiffe presque lisse.

Fabronia julacea Besch. — Affinis *F. polycarpæ* sed differt: ramis gracilioribus, foliis imbricato-julaceis, integerrimis, foliis perichætialibus majoribus apice plerumque denticulatis : a *F.*

Argentinica C. Müll. (Mss.) proxima differt : foliis multo brevius cuspidatis densius et incurvius imbricatis.

Assomption, sur le tronc des arbres, n° 1256.

Lasia Paraguensis Besch. — Caulis primarius repens nigrescens nudus, secundarius arcuatus 6-10 cent. longus vel ultra, ramis semiuncialibus vel minoribus, obtusis, intense viridibus, vage pinnatis, erectis vel erecto-patentibus; folia imbricata, julacea, intense viridia, latissime ovata, concava, acuminata, integerrima, costa latiuscula supra medium evanida, cellulis basilaribus ad angulos seriatim quadratis crassis, ad costam longe ovatis, ceteris ovatis chlorophyllosis; folia perichætialia longissime convoluta, integra, longe acuminata; capsula in pedicello cum vaginula 3 millim. longo immerso curvulo lævi, ovato-cylindrica exserta badia, operculo conico breviter acuminata, calyptra longa cucullata fere totam capsulam in uno latere obtegens, parce sed longe pilosa; peristomium duplex, externum generis.

Yaguaron, dans les forêts, sur les troncs d'arbres, n° 1252.

Cette espèce rappelle, par son port, le *Leucodon sciuroides* et se rapproche des *Astrodontium* par son péristome double, et du *Lasia coronata* par la forme et le tissu des feuilles.

Lasia subcoronata Besch. — Monoica, habitu *L. coronatæ* (Mont.) valde similis, sed foliis caulinis plicatis obsolete costatis, cellulis alaribus brevioribus mediis longioribus, perichætialibus squarrosis capsulæ pedicello brevioribus, capsula longius exserta rubella satis longe distat.

Paraguari, Cordillère de Mbatobi, n° 1250.

Var. *patens* foliis patulis majoribus distinctius costatis obsolete dentatis.

Villa-Rica, forêt de Capitindu, sur les arbres, n° 1249.

Hypopterygium argentinicum C. Müll., in litt. — Monoicum; *H. sylvatico* Mitt. simillimum; folia ramea ovata valde symmetrica supra medium dentata v. serrata, margine e duabus seriebus cellularum composito, ramulea acutiora magis serrata; folia spathulæformia orbiculata, costa in mucronem parce denticula-

tum excedente sæpe medio obsoleta; folia perichætialia erecta ovata, elongate acuminata, integerrima.

Villa-Rica, forêts à l'est de la Cordillère, sur les arbres, n° 1246.

Rhacopilum tomentosum Brid.

Assomption, sur la terre humide, nos 1199, 1221, 1222, 1224, 1267, 1268, 1274.

Dimerodontium Balansæ C. Müll., in litt. — Habitu *Anomodontis brasiliensis* Hpe monoicum; caulis repens intricatus, ramis erectis julaceis, sordide atro-viridibus obscuris; folia ovato-rotundata valde obtusa imbricata integerrima, margine plano, costa lata infra apicem evanida, cellulis brevioribus opacis; folia perichætialia longiora, subito late acuminata, acuta, pellucida, laxius areolata, obsolete costata; capsula in pedicello breviusculo crasso rubello lævi cauligeno erecta, ovata, collo hyalino verrucoso; peristomii simplicis dentes 16 obscuri obsolete trabeculati integri vel fissi; operculum breve, obtuse acuminatum; calyptra junior lævis, apice fusca.

Assomption, sur les troncs d'arbres, n° 1207; *Villa-Rica*, forêt à l'Est de la Cordillère.

Cette mousse ressemble par le port des tiges, le réseau et la forme des feuilles à l'*Anomodon brasiliensis* Hpe (Exs. Glaziou, nos 4678 et 7381); mais elle en diffère par le péristome simple et les feuilles plus obtuses.

Pseudo-Leskea Paraguensis Besch. — Monoica, *P. microphyllæ* (Sw.) similis sed major; caulis validus 1-2-uncialis, lutescens fere ad apicem usque ramosus, ramis deerescentibus numerosis acutis vix 1/2 cent. longis patentibus in uno latere dejectis; folia caulina squarrosa, imbricata, late cordata, plicata, concava, decurrentia, in cuspidem longam desinentia, integerrima vel suberenulata, dorso papillosa, costa lata continua haud excedente; folia ramea valde minora, obtusiuscula, late ovata, concava, sicca erispula; folia perichætialia albicantia, angustiora, lanceolata, pallide et laxe reticulata, plicatula, integra, lævia; capsula in pedicello flexuoso 15 mill. longo purpureo lævi horizontalis, arcuata, cernuo-oblonga; peristomii dentes interni

solidi lutei in membrana alte producta positi, ciliis ternis æquilongis vel paulo brevioribus filiformibus parce appendiculatis vel omnino lævibus.

Assomption, nos 1201, 1203, 1204, 1205, 1206, 1211 ; *Villa-Rica*, no 1200.

Helicodontium capillare Sw., sub *Hypno*.
Assomption, no 1208.

Leptohymenium squarrosum C. Müll., in Syn., sub *Neckera* (*Entodonte*).

Var. *griseum* (*Entodon griseus* C. Müll., in litt.) : planta lutescente-viridis, rami inferni crassi foliis patentibus, ramuli superiores patentes arcuati funales filiformes foliis arctissime imbricatis apice vix squarrulosis ut in specimino Quitense (no 1020, Spruce) ; folia ecostata late orbiculata concava breviter acuminata tantum acumine subtiliter denticulata ; folia perichætialia interna ovata elongate acuminata denticulata.

Assomption, no 1262.

Stereophyllum Paraguense Besch. — Monoicum ; cespites late expansi intense virides, inferne nigricantes ; caulis repens ramosus, ramis brevibus vix semiuncialibus crassis cuspidatis plerumque radicantibus ; folia basi latiora, late ovata, concava, imbricata, obtuse acuminata, integerrima, costa lata valida ultra medium evanida, cellulis ovalibus v. hexagonis viridibus, basilaribus ad angulos quadratis oblatis seriatim dispositis ; folia perichætialia ovato-lanceolata, costata, apice crenulata ; capsula (junior) erecta v. parum inclinata, ovata, brevis, pedicello lævi 7-8 mill. longo purpureo apice sæpe curvulo ; peristomii dentes externi latitudine striati, interni æquilongi inter trabeculas hiantes, rugulosi, ciliis nullis ; operculum late conicum brevi-acuminatum ; calyptra dimidiata, albicans, lævis.

Yaguaron, no 1270 ; *Assomption*, sur les troncs d'arbres, no 1212.

Les *Hypnum radiculosum* C. Müll., et *brevipes* C. Müll., se rapprochent de cette mousse ; elle s'en distingue suffi-

sammment d'ailleurs par un port plus robuste, des feuilles largement ovales obtuses, et le pédicelle capsulaire plus court.

Stereophyllum Guarapense Besch. — Præcedenti simile, sed caulibus crassioribus lutescentibus, foliis e medio minute serrulatis, foliis perichætialibus ovatis subito longe lateque acuminatis serrulatis, operculo longius acuminato.

Guarapi, n° 1216.

Le n° 1196 présente une forme intermédiaire entre les deux espèces précédentes, ayant des tiges longuement atténuées en stolons, des feuilles caulinaires à peine dentées et des feuilles périchætiales moins longuement acuminées que dans le n° 1216; d'un autre côté elle diffère du n° 1270 par sa capsule le plus souvent inclinée et plus courte, et par ses feuilles périchætiales plus distinctement dentées.

Microthamnium humile Besch. — Monoicum? Cespites depressi molles æruginosi; caulis humilis repens vage ramosus, ramis 2-5 millim. longis distiche plumosis; folia brevia erecto-patentia ovata sensim acuminata basi breviora toto ambitu serrulata, costis obsoletis, cellulis hexagonis angustis dorso apice papillosis opacis, basilaribus ad margines pluribus quadratis chlorophyllosis; folia perichætialia convoluta apice longe subulato attenuata subintegra albicantia; capsula in pedicello 1 cent. longo purpureo lævi pendula, cum operculo globosa irregularis, evacuata ovata curvata sub ore coarctata inclinata; peristomii dentes carinati fusci, ciliis tribus vix brevioribus in uno coalitis; operculum late mamillatum vix acuminatum.

Guarapi, n° 1215.

Microthamnium eurystomum Besch. — Monoicum; habitu *Hypno macrodontio* Hsch. simile sed differt: ramulis erecto-patentibus haud recurvis, foliis rameis pallide viridibus concavis haud plicatis magis distichaceis obtuse acuminatis subecostatis toto ambitu serratis, cellulis obscuris apice extantibus papillosis, foliis caulinis late cordato-triangularibus subito cuspidatis serrulatis, cellulis obscuris, foliis perichætialibus longe ovatis subito longe cuspidatis subintegris laxissime reticulatis palle-

scentibus; capsula in pedicello 1 cent. longo rigido apice arcuato lævi erecta, horizontalis vel nutans, sicca obconico-pyriformis ore latissime hiante; peristomii dentes interni externos æquantes, ciliis binis coalitis vel liberis brevioribus.

Villa-Rica, nos 1199, 1209, 1278.

Très-voisin des *Hypnum macrodontium* Hsch. et *H. heterostachys* Hpe, du Brésil.

Rhaphidostegium fallax Besch. — Monoicum, affine *H. crassiusculo* Hook. et Wils., sed foliis intense viridibus brevius acuminatis integerrimis (haud crenulatis ut in spec. exsicc. Drummond.), margine implanis erectis haud reflexis, cellulis latioribus ellipticis, alaribus 5-6 hyalinis differt.

Assomption, sur les troncs d'arbres, n° 1213; *Pirayu*, sur le tronc du Cocos yatai, n° 1219.

Rhaphidostegium circinale Hpe, sub *Leskea*.

Assomption, n° 1218.

Rhaphidostegium chlorothecium Besch. — Habitu *Hypno conferto* satis simile sed minus, sericeum, lutescens; caulis repens intricate ramosus; folia tenella patula minuta concava ovata longiuscule acuminata acuta integerrima, ecostata, cellulis angularibus hyalinis, ceteris hexagonis lævibus, utriculo primordiali plus minusve persistente; folia perichætialia longe sed latius acuminata integerrima; capsula in pedicello brevi purpureo lævi horizontalis, irregularis, ovata vel pyriformis, deoperculata pallide viridis sub ore valde coarctata, operculo longirostro.

Assomption, sur les arbres, n° 1272.

Rhynchostegium fissidentellum Besch. — Caulis depressus repens fasciculate ramosus, ramis distiche plumosis fissidentioideis semiuncialibus obtusis planis pallide viridibus v. inferne ferrugineis; folia ovato-elliptica erecto-patentia patentiave disticha firma concaviuscula, semi-costata, toto ambitu serrata; cellulis elongate-hexagonis obscuris; folia perichætialia late ovata subito in subulam longam denticulatam producta, ecostata; capsula in pedicello lævi purpureo semiunciali apice curvulo hori-

zontalis vel nutans, sicca sub ore constricta, operculo longe curvirostro ; peristomii dentes interni externos æquantes, cruribus a medio liberis vel inter articulationes valde hiantibus, ciliis tribus hyalinis crasse articulatis brevioribus.

Guarapi, sur la terre ferrugineuse, n° 1217.

Se rapproche beaucoup par le port des *R. serrulatum* de l'Amérique du Nord et *R. Lamasicum* Spr. (Musc. And. n° 1452) du Pérou ; ses rameaux courts, larges, à feuilles distiques rappellent les tiges feuillées du *Fissidens taxifolius*, et mieux encore les rameaux de *l'Hypopterygium incrassato-limbatum*.

Rhynchostegium Assumptionis Besch. — Cespites virides, habitu *R. Megapolitano* similes, foliis caulinis tamen obscuris minoribus acuminatis haud subulatis, foliis perichætialibus apice denticulatis, capsulæ pedicello breviore, peristomii dentibus valde hiantibus, ciliis tribus paulo brevioribus.

Assomption, n° 1273.

Ectropothecium glaucinum Besch. — Monoicum ; caulis repens plus minus regulariter pinnatus, ramis brevibus circiter 5 mill. longis remotis ; folia glauco-viridia ætate fulvella inflectentia flexuosa haud falcata, f. caulina basi late truncata ovata longe falcata cuspidata subtiliter denticulata brevissime bicostata, longe et laxe areolata pellucida, f. ramea lateralia ovato-rotundata concava acuminata subintegra obsolete bicostata, cellulis brevioribus utriculo primordiali repletis, folia media angustiora acutiora pellucida ; folia perichætialia convoluta complicata mollia longe cuspidata subdenticulata breviter bicostata ; capsula in pedicello rubello nutans, urceolata, operculo ut in *E. subdenticulato*.

Caaguazu, n° 1198 ; *Assomption*, n° 1271.

Proche des *E. subdenticulatum* (C. Müll.) et *E. rutilans* (Hpe).

Plagiothecium Villæ-Ricæ Besch. — Monoicum, habitu *P. Novo-Granatensi* Hpe simile ; folia compressa elongate ovato-lanceolata cuspidata patentia concava integra vel apice denticulata obsolete costata, marginibus erectis, cellulis elongatis ;

folia perichætialia longius cuspidato-loriformia ecostata integra ; perigonii folia ovata subito late acuminata crenulata, antheridiis paucis ; capsula in pedicello unciali purpureo obliqua v. horizontalis, brevis, sub ore lato coarctata ; operculo breviusculo ; peristomii dentes interni flavi externis æquilongi, ciliis binis brevioribus hyalinis.

Villa-Rica, nº 1210.

Sphagnum flaccidum Besch. — *S. Caldensi* simile ; flaccidum, molle, viride, laxe romosum ; caulis cortex ex unica serie cellularum compositus ; folia caulina spathulato-cuneiformia supra basin contracta concava apice revoluto late rotundata, marginibus anguste limbatis integerrimis ; cellulæ omnes fibrillis numerosis repletæ ; folia ramea minora rotundata valde concava, apice 6-7 dentibus prædita, folia peduncularia apice ex 1-2 seriebus cellularum fuscarum diversiformium hyalinum composito, cellulis marginalibus elongatis inanibus, ceteris serpentinis dense fibrosis, ad basin majoribus vacuis vel vix fibrosis ; capsula comalis.

Villa-Rica. — Prairies marécageuses à l'Est de la Cordillère, septembre 1874, nº 1260.

Voisin par le port du *Sp. Caldense* et des petites formes du *Sph. cymbyfolium*.

ESSAI

SUR LES CONDITIONS RATIONNELLES

DES

AMORCES ÉLECTRIQUES

EN GÉNÉRAL, ET EN PARTICULIER
DANS LES APPLICATIONS SOUS-MARINES

PAR

M. Gustave CABANELLAS
Lieutenant de vaisseau.

SOMMAIRE

— Relations des sensibilités des amorces.
— Liaisons rationnelles des éléments des amorces et des caractéristiques des électromoteurs employés, dans les conditions du maximum absolu de chaleur et de celui de sensibilité.
— Détermination de l'amorce et de la sériation correspondantes.
— Conditions des maxima relatifs, sériation correspondant à une amorce donnée et, réciproquement, détermination de l'amorce convenant à une sériation donnée.
— Tableau des formules générales propres à guider méthodiquement dans les déterminations pratiques.

DES AMORCES BASÉES SUR LES RÉACTIONS CALORIFIQUES DES COURANTS ET DE LEURS ÉLECTROMOTEURS DE MISE EN FEU.

On peut admettre sans contestation que le moyen le plus sûr d'arriver à se rapprocher de la perfection en toutes choses naturelles, doit être, tout d'abord, comme choix de l'expérimentation directe à entreprendre, de s'appuyer autant que possible sur les lois mathématiques qui régissent ces choses, quand l'état de la science spéciale le permet, ou, à défaut, sur des équations fixant les dépendances mutuelles de faits pareils ou différents, mais dont les manifestations peuvent être vraisemblablement coordonnées en séries mathématiques analogues.

Même lorsque ces lois peuvent laisser à désirer, une telle ligne de conduite initiale est et restera probablement la vraie ligne de conduite des gens pratiques, leur guide le meilleur et le plus rapide.

Cette remarque doit s'appliquer d'autant mieux aux amorces et à leurs électromoteurs de mise en feu, que le régime des relations électriques et de chaleur dont il s'agit est assez expérimenté, connu et défini, pour qu'il soit tout-à-fait rationnel de soumettre cette question au contrôle des lois de Ohm, de Kirschoff et de Joule.

Dans une certaine mesure, il y a lieu d'admettre que l'expérimentation spéciale que comporte le sujet, amènera à constater une certaine part d'influence due à des réactions d'ordre secondaire; mais, sans doute, l'action dominante n'en obéira pas moins aux lois susdites, et l'on peut prévoir qu'il ne s'agit ici que d'une des applications de l'électricité qu'il est permis d'organiser avec une quasi certitude mathématique.

AMORCES A FIL MÉTALLIQUE FIN.

Sans prétendre à établir analytiquement la loi absolue de sensibilité d'une de ces amorces, laquelle loi, à ne considérer d'abord qu'en lui-même l'organe dont il s'agit, doit être, de ce seul chef, une fonction très-complexe du pouvoir émissif du métal du fil d'amorce, du pouvoir absorbant et de la conductibilité calorique de la matière destinée à être enflammée, de la température à laquelle s'enflamme cette matière, etc., etc., on peut, cependant, avec une certaine rigueur dans le point de départ, éliminer la plupart des variables connues ou inconnues et arriver à une évaluation simplifiée des sensibilités relatives d'amorces analogues, en comparant entre elles, en premier lieu, deux amorces de même résistance électrique, faites avec un fil cylindrique de même alliage métallique ; c'est ce à quoi tend le commencement de ce travail.

Les amorces considérées ayant même résistance électrique, la quantité de chaleur développée dans des temps égaux par le même courant est par hypothèse une constante.

Pour qu'il y ait fonctionnement de l'amorce, il faut et il suffit qu'un élément de la matière inflammable absorbe la quantité de chaleur nécessaire pour déterminer son inflammation ; on peut donc admettre que les intensités d'action de chaleur engendrée par le courant dans le fil, sur tout élément de la matière inflammable qui entoure ce fil au contact, seront, toutes choses égales d'ailleurs, proportionnelles à l'inverse du rapport des nombres d'éléments de surface limitant la quantité de chaleur considérée, c'est-à-dire proportionnelles au rapport inverse des surfaces cylindriques des fils, ce qu'on peut exprimer

en notant que les sensibilités de deux amorces a et a' seront entre elles comme $\frac{d'\,l'}{d\,l}$,

d, diamètre, l longueur du fil d'amorce.

Mais la donnée de l'égalité des résistances électriques des cylindres entraîne la relation

$$\frac{l}{d^2} = \frac{l'}{d'^2} \quad \text{ou} \quad \frac{l}{l'} = \frac{d^2}{d'^2},$$

les sensibilités des amorces a et a' seront donc entre elles

$$\text{comme } \frac{d'^3}{d^3} \text{ ou comme } \frac{l'^{\frac{3}{2}}}{l^{\frac{3}{2}}} \text{ (1).}$$

On voit donc qu'avec un fil, droit par exemple, entouré de matière inflammable, les sensibilités relatives des amorces seront entre elles comme l'inverse des cubes des diamètres, ou des puissances trois demies des longueurs des fils d'amorce.

L'idéal, parmi les amorces de même résistance électrique, serait donc l'amorce de plus faible longueur de fil, et du diamètre très-fin correspondant à la valeur de la résistance électrique d'amorce considérée.

SPIRES.

Toutes choses égales d'ailleurs, il est clair qu'une

(1) Si l'on s'en tenait aux rapports des accroissements de température développés dans de tels fils par unité de temps, abstraction faite de la perte de calorique par le milieu, on arriverait même au rapport inverse des quatrièmes puissances des diamètres.

longueur de fil d'amorce étant donnée, on rend l'amorce plus sensible en l'enroulant en spires rapprochées, puisqu'on groupe les actions calorifiques de plusieurs éléments de surface de fil en les faisant concourir à l'échauffement du même élément de matière inflammable, tandis que, avec le fil droit, ces actions agissaient individuellement sur des éléments inflammables différents.

Dans cet ordre d'idées, la meilleure disposition théorique consisterait, non pas en spires d'hélice circonscrites à une aiguille cylindrique, mais en spires très-rapprochées circonscrites, en une ou plusieurs couches, à une très-petite sphère imaginaire dont l'intérieur comprendrait une quantité élémentaire de matière inflammable, en sorte que toutes les spires concourent à l'échauffement et à l'inflammation de ce même élément; une continuité d'éléments de matière inflammable devrait, bien entendu, exister au moins dans un sens linéaire rayonnant, de façon à pouvoir transmettre cette inflammation initiale.

Toujours à ce même point de vue théorique, les valeurs géométriques absolues de la disposition la plus avantageuse, seraient fonction des divers coefficients physiques de la matière inflammable et de ceux du fil d'amorce, le diamètre de ce fil et sa résistance électrique y jouant un rôle prépondérant.

Quoique les spires héliçoidales circonscrites à un cylindre sur un seul rang, s'éloignent théoriquement beaucoup de ce desiratum, elles ont l'avantage d'être d'une application relativement pratique, en se prêtant à l'enlèvement du cylindre qui a servi de moule.

Si nous considérons les amorces au fil de platine telles qu'elles ont été souvent construites, on n'est pas étonné qu'il soit constaté que les spires augmentent notablement la sensibilité de ces amorces lorsqu'elles sont bien con-

struites, c'est-à-dire lorsque les spires n'ont pas entre elles de contact accidentel. Car, d'une part, les amorces en question sont faites avec du fil assez gros, par suite peu résistant par rapport au reste du circuit; d'autre part, la distance des deux points de jonction du fil d'amorce au circuit extérieur, se trouve en réalité déterminée par des convenances indépendantes du point de vue spécial qui nous occupe en ce moment.

Il résulte de ces conditions, que la quantité de chaleur développée par unité de temps, croît presque exactement dans la proportion de l'accroissement de longueur du fil employé, longueur qu'il n'est d'ailleurs possible d'augmenter pour l'une de ces amorces donnée que par l'addition de spires. En sorte qu'il y a en même temps augmentation importante de la quantité de chaleur à transmettre à la matière inflammable, et meilleur groupement de la quantité de chaleur ainsi disponible.

Il est donc naturel qu'on arrive à conclure de faits expérimentaux, qu'il y a, pour de telles amorces, avantage notable à employer autant de spires qu'on peut en loger entre les deux points de liaison du fil d'amorce.

SUPPRESSION RATIONNELLE DES SPIRES DANS LES AMORCES CONVENABLES.

Considérons maintenant, par la pensée, la série des amorces de même résistance électrique dont le diamètre de fil diminue de plus en plus ; la longueur de ces fils diminuant en même temps, on conçoit que l'importance des spires sera de moins en moins grande, et arrivera même à diminuer au point de disparaître tout-à-fait, lorsque le diamètre sera devenu assez petit pour que la résistance électrique considérée entraîne une extrêmement faible longueur de fil.

Lorsque cette longueur est assez faible pour atteindre la limite possible pratiquement, les sensibilités d'amorces de résistances électriques différentes, varient presque inversement comme les cubes des diamètres des fils, tant que l'on considère d'assez faibles résistances électriques d'amorce telles que l'intensité de la circulation électrique reste sensiblement la même à travers la résistance totale du circuit.

Au point de vue d'une réalisation usuelle, il n'est pas utile d'insister sur les avantages nombreux qu'entraîne une telle suppression raisonnée et raisonnable des spires.

On sait, d'ailleurs, que la petite longueur limite du fil de platine peut être rendue pratiquement très-faible, en employant un fil à la Wollaston d'un métal attaquable à âme de platine, plié à angle aigu dont le sommet est trempé dans le réactif chimique convenable pour enlever seulement en ce point le métal de la gaine qui a servi à passer à la filière.

Dans ce qui va suivre, nous convenons de parler d'amorces construites d'après ce procédé, c'est-à-dire d'amorces dans lesquelles la longueur de fil fin est réduite à une valeur élémentaire.

Il n'y aura donc plus d'intérêt pratique ni même théorique à s'occuper de spires en ce qui regarde ces amorces.

MAXIMA : ABSOLU, RELATIFS, DE CHALEUR, DE SENSIBILITÉ; RÉSISTANCES ET DIAMÈTRES D'AMORCE, SÉRIATIONS D'ÉLECTROMOTEUR,

pour la mise en feu d'une seule amorce.

Soient s et s', les sensibilités de deux amorces cylindriques de même alliage, de résistance totale e et e', de longueur l et l', de diamètre d et d'.

Soient W et W′ les quantités de chaleur développées pendant t de temps par leur courant respectif dans les résistances e et e'. Soient E, E′ les forces électromotrices des électromoteurs employés ; R, R′ les résistances intérieures de ces électromoteurs ; r, r' les résistances extérieures totales non compris e et e'.

D'après ce que nous avons vu plus haut, les sensibilités de ces deux amorces seront entre elles comme le rapport des quantités de chaleur multiplié par le rapport inverse des produits des longueurs par les diamètres, c'est-à-dire

$$\text{(A)} \qquad \frac{s}{s'} = \frac{W}{W'} \times \frac{d'\,l'}{d\,l},$$

et si $l = l'$:

$$\frac{s}{s'} = \frac{W}{W'} \times \frac{d'}{d},$$

ou

$$\text{(B)} \qquad \frac{s}{s'} = \frac{W}{W'} \times \frac{e^{\frac{1}{2}}}{e'^{\frac{1}{2}}}.$$

D'après la loi de Joule,

$$W = K\,e\,I^2$$

(K étant une constante).

Mais d'après notre notation,

$$I = \frac{E}{R + r + e},$$

donc

$$\frac{s}{s'} = \frac{e\,E^2\,(R' + r' + e)^2}{e'\,E'^2\,(R + r + e')^2} \times \frac{d'\,l'}{d\,l}$$

Or, si le métal est le même,

$$\frac{e}{e'} = \frac{\frac{l}{d^2}}{\frac{l'}{d'^2}} = \frac{l\,d'^2}{l'\,d^2},$$

donc

$$\frac{s}{s'} = \frac{\mathrm{E}^2\,(\mathrm{R}' + r' + e')^2}{\mathrm{E}'^2\,(\mathrm{R} + r + e)^2} \times \frac{d'^3}{d^3}.$$

Si $l = l'$, on a aussi

$$\frac{s}{s'} = \left[\frac{\mathrm{E}\,(\mathrm{R}' + r' + e')}{\mathrm{E}'\,(\mathrm{R} + r + e)}\right]^2 \times \left(\frac{e}{e'}\right)^{\frac{3}{2}}.$$

Si les deux électromoteurs sont identiques, les formules deviennent :

$$\text{(C)} \qquad \frac{s}{s'} = \left(\frac{\mathrm{R} + r' + e'}{\mathrm{R} + r + e}\right)^2 \times \left(\frac{d}{d'}\right)^3,$$

quand l et l' sont égaux ou différents, et

$$\frac{s}{s'} = \left(\frac{\mathrm{R} + r' + e'}{\mathrm{R} + r + e}\right)^2 \times \left(\frac{e}{e'}\right)^{\frac{3}{2}},$$

quand l et l' sont égaux.

La formule (B), plus haut, nous montre clairement que la sensibilité d'une des amorces considérées croît plus vite que la quantité de chaleur y développée, pour des valeurs croissantes de e qui augmentent cette quantité de chaleur ; si donc nous déterminons la valeur de e convenant au maximum de l'expression

$$\mathrm{K}e\left(\frac{\mathrm{E}}{\mathrm{R} + r + e}\right)^2,$$

nous serons certains que cette valeur de e' rendra la sensibilité plus grande que ne le ferait toute valeur de résistance plus faible.

Nous avons donc là un moyen simple d'éviter d'abord l'équation complète du quatrième degré et de nous procurer de suite une première approximation par défaut (1) de la valeur de e qui rendrait la sensibilité maximum.

K et E étant des constantes, le maximum de l'expression aura lieu en même temps que celui de

$$\frac{e^{\frac{1}{2}}}{R + r + e},$$

c'est-à-dire pour $e = R + r$ et la valeur maximum de

(1) L'expression sensibilité est de la forme $\frac{x\sqrt{x}}{(A + x)^2}$.

Si l'on pose $x = y$ A, l'expression devient :

$\frac{yA\sqrt{y}\sqrt{A}}{(A + yA)^2}$ ou $\frac{yA\sqrt{y}\sqrt{A}}{A^2(y + 1)^2}$ ou $\frac{1}{\sqrt{A}} \times \frac{y\sqrt{y}}{(y + 1)^2}$, et $y = 3$ est la valeur en nombre entier rendant l'expression maximum ; on peut donc dire que la valeur de la résistance d'amorce de sensibilité maximum est triple de la valeur de la résistance d'amorce de calorique maximum ; ce qui conduirait, pour des longueurs égales de fil, à rendre le diamètre $\sqrt{3}$ fois plus petit que celui trouvé pour le maximum de calorique, soit 1,732 fois plus fin. Ainsi, l'amorce du maximum de calorique étant de $\frac{1}{B}$ millimètres, l'amorce de maximum de sensibilité sera de $\frac{1}{B \times 1.732}$ millimètres. La valeur donnée pour y suffit à l'emploi que nous voulions en faire, mais il est évident que le procédé élémentaire, qui nous a servi à déterminer y à une unité près, permettrait également d'obtenir cette valeur avec l'approximation qu'on désirerait pour toute application spéciale quelconque.

l'expression devient $\frac{K\,E^2}{4} \times \frac{1}{R+r}$. Se reportant alors à la formule (C), on peut se rendre compte de la proportion importante d'augmentation de sensibilité pour ce maximum de calorique par rapport aux caractéristiques habituelles des amorces usitées ; il y a lieu de tenir compte, bien entendu, de l'augmentation de résistance du platine pour la température de fonctionnement, 200° pour le fulmi-coton; d'après M. le C^te^ du Moncel, résistance à t^o = résistance à 0° $(1 + t \times 0.001861)$.

Il est intéressant de savoir si, avec les résistances d'amorce mal combinées, l'électromoteur est en général disposé pour tirer le meilleur parti possible de l'amorce employée.

Soit n le nombre des couples de l'électromoteur, a le nombre des batteries réunies en tension constituant l'électromoteur dans sa sériation la plus favorable, E, R la force électromotrice et la résistance intérieure du couple élémentaire.

Les éléments de l'amorce étant constants dans la donnée actuelle, le maximum de sensibilité de l'amorce aura lieu rigoureusement en même temps que le maximum de l'intensité de la circulation électrique dont la valeur est

$$I = \frac{a\,E}{\frac{a^2}{n}\,R + r + e},$$

formule portant le numéro 11 (Mémoires de la Société, tome XIX), dans laquelle formule on a fait $b = \frac{n}{a}$ et $r = r + e$; cette formule 11 est une des simplifications de la formule générale des accouplements sériés déduite des lois de Ohm et de Kirschoff.

Le maximum de l'expression a lieu pour

$$a^2 = \frac{n\,(r + e)}{\mathrm{R}}$$

ou

$$a = \sqrt{\frac{n}{r}\,(r + e + 1600)}$$

en ne faisant plus exprimer à r que la résistance extérieure utile et en estimant à 1600^{m} la part de résistance extérieure attribuable à la terre dans le système à un fil. (Unités sous-marines françaises).

Pour que a soit plus petit que n, c'est-à-dire pour que tous les couples n'aient pas lieu d'être en tension, il faut que $\frac{r + e + 1600}{\mathrm{R}}$ soit au plus égal à n,

$$\text{ou } r + e + 1600 < n\,\mathrm{R},$$

$$\text{ou } r < n\,\mathrm{R} - (e + 1600).$$

Pour l'arrangement sérié convenant au maximum de sensibilité de l'amorce donnée, employée isolément, le maximum de l'expression variable est $\frac{\mathrm{E}}{2\,\frac{a}{n}\,\mathrm{R}}$, et la quantité de chaleur développée est

$$\frac{\mathrm{K\,E^2}}{4} \times \frac{1}{\frac{a^2}{n}\,\mathrm{R^2}}$$

$$\text{ou } \frac{\mathrm{K\,E^2}}{4} \times \frac{1}{\frac{\mathrm{R}}{n}\,(r + e + 1600)}.$$

Jusqu'à présent, nous avons cherché la valeur de l'amorce de sensibilité maximum convenant à un électromoteur donné et aussi la meilleure sériation des couples élémentaires de cet électromoteur pour tirer tout le parti possible d'une amorce donnée.

Mais il faut prendre la question de plus haut et se demander : Quelles devraient être les valeurs de l'arrangement sérié a de n couples égaux disponibles, et de la résistance d'amorce e, convenant simultanément au maximum de rendement pour la mise en feu d'une seule amorce.

Soit a ce nombre inconnu de batteries en tension, il faudra rendre maximum

$$K e \left(\frac{a E}{\frac{a^2}{n} R + r + e} \right)^2,$$

expression dans laquelle a et e sont les deux variables et qui représente toujours la chaleur engendrée dans l'amorce par un de temps ; nous passerons ensuite du maximum de calorique au maximum de sensibilité.

Remarquons d'abord que, quelles que soient les valeurs qui conviennent aux deux variables, elles devront forcément satisfaire à la condition :

$e =$ $r +$ résistance intérieure de l'électromoteur, tel que le constituera la valeur qui conviendra à a, car, si cette condition n'était pas remplie, on pourrait, d'après ce que nous avons vu, augmenter la valeur de l'expression en conservant le même arrangement de pile et en modifiant la valeur de e, de façon à réaliser cette condition du maximum pour un électromoteur donné.

Le problème revient donc à trouver le maximum de

$$\frac{\sqrt{\frac{a^2}{n}\,\mathrm{R} + r} \times a}{2\left(\frac{a^2}{n}\,\mathrm{R} + r\right)}$$

ou de

$$\frac{1}{2\sqrt{\frac{\mathrm{R}}{n} + \frac{r}{a^2}}}.$$

Or, le maximum de cette dernière expression a évidemment lieu pour a maximum, c'est-à-dire pour $a = n$, ou tous les couples en tension (1).

La quantité de chaleur est alors

$$\frac{\mathrm{K}\,\mathrm{E}^2}{4} \times \frac{1}{\frac{\mathrm{R}}{n} + \frac{r}{n^2} + \frac{1600}{n^2}}$$

et la résistance d'amorce

$$e = n\,\mathrm{R} + r + 1600.$$

La valeur de e correspondant au maximum de sensibilité sera le triple de celle-ci, pour y déterminé à une unité près.

(1) Cette sériation en tension convenant au maximum de calorique, conviendra à plus forte raison à la résistance d'amorce trois fois plus grande du maximum de sensibilité.

MAXIMA : ABSOLU, RELATIFS DE CHALEUR, DE SENSIBILITÉ; RÉSISTANCES ET DIAMÈTRES D'AMORCE, SÉRIATIONS D'ÉLECTROMOTEUR,

pour la mise en feu de M *amorces dérivées après un seul circuit.*

Une sage défiance de la régularité de fabrication des amorces conduit, comme sécurité de mise en feu, à munir les mines sous-marines de plusieurs amorces en circuit dérivé; il y a donc lieu de savoir :

Quel est l'arrangement sérié de n couples donnés, et la résistance d'amorce qui correspondent au maximum de production de calorique dans chacune des M amorces constituant M dérivations à la terre.

Appelant i l'intensité suivant une des amorces, et I l'intensité suivant l'ensemble, on aura évidemment :

$$i = \frac{\mathrm{I}}{\mathrm{M}},$$

or,

$$\mathrm{I} = \frac{a\,\mathrm{E}}{\frac{a^2}{n}\,\mathrm{R} + r + \frac{e}{\mathrm{M}}},$$

donc

$$i = \frac{a\,\mathrm{E}}{\mathrm{M}\left(\frac{a^2}{n}\,\mathrm{R} + r + \frac{e}{\mathrm{M}}\right)},$$

et il faut rendre maximum l'expression

$$\mathrm{K}\,e\left(\frac{a\,\mathrm{E}}{\mathrm{M}\left(\frac{a^2}{n}\,\mathrm{R} + r + \frac{e}{\mathrm{M}}\right)}\right)^2;$$

elle sera maximum pour $a = n$ (1) et deviendra

$$\frac{K E^2}{4} \times \frac{1}{M} \times \frac{1}{\frac{R}{n} + \frac{r}{n^2} + \frac{1600}{n^2}};$$

on aura alors $e = M(nR + r + 1600)$.

On voit donc que, pour ce maximum, la quantité de chaleur est, dans chaque amorce, $\frac{1}{M}$ de ce qu'elle était pour le maximum avec une seule amorce, et comme la résistance d'amorce est M fois plus grande, la sensibilité est devenue $\frac{1}{M} \times \sqrt{M}$ ou $\sqrt{M}$ fois plus petite ;

car $\frac{s}{s'} = \frac{W}{W'} \times \frac{e^{\frac{1}{2}}}{e'^{\frac{1}{2}}}$, quand $l = l'$, et si l'on a : $W' = \frac{W}{M}$ avec $e' = Me$, on a $\frac{s}{s'} = \sqrt{M}$.

On trouverait aussi que la sériation correspondant au maximum de calorique pour une amorce e donnée, est :

$$a = \sqrt{\frac{n}{R}\left(r + \frac{e}{M} + 1600\right)};$$

cette sériation s'applique rigoureusement au maximum de sensibilité ;

et que la quantité de chaleur correspondante est

$$\frac{K E^2}{4} \times \frac{1}{M} \times \frac{e}{M} \times \frac{1}{\frac{R}{n}\left(r + \frac{e}{M} + 1600\right)};$$

(1) L'arrangement en tension conviendra à fortiori à la résistance d'amorce du maximum de sensibilité ; cette résistance sera triple de celle du maximum de calorique pour y déterminé à une unité près.

que l'amorce convenant au maximum de calorique pour une sériation donnée est

$$e = \mathrm{M}\left(\frac{a^2}{n}\,\mathrm{R} + r + 1600\right) (1),$$

et que la quantité de chaleur correspondante est

$$\frac{\mathrm{K}\,\mathrm{E}^2}{4} \times \frac{1}{\mathrm{M}} \times \frac{1}{\dfrac{\mathrm{R}}{n} + \dfrac{r}{a^2} + \dfrac{1600}{a^2}}.$$

MAXIMA : ABSOLU, RELATIFS, DE CHALEUR, DE SENSIBILITÉ. AMORCE. — SÉRIATION,

pour la mise en feu de M × N *amorces*, M *amorces dérivées après* N *circuits.*

Afin de nous rendre nettement compte des conditions et relations les plus complexes qui s'imposent, dans le tir des mines sous-marines constituant certains barrages par défenses fixes (ligne de torpilles dormantes, par exemple), nous allons déterminer :

La sériation d'électromoteur convenant à une amorce donnée, l'amorce et la sériation convenant à un nombre d'éléments électromoteurs donné :

Pour un nombre N de circuits en relation avec l'électromoteur, chacun de ces circuits comportant M dérivations d'amorces à la terre après les résistances extérieures utiles r (2).

(1) La résistance d'amorce convenant au maximum de sensibilité serait triple de cette résistance de maximum de calorique pour y déterminé à une unité près.

(2) Nous aurions pu facilement tirer toutes ces diverses déterminations successives, d'une formule générale, mais nous

L'intensité suivant chacune des M dérivations de chacun de ces N. ensembles partiels sera

$$\frac{E}{MN\left(R + 1600 + \frac{r + \frac{e}{M}}{N}\right)}.$$

Si e est déterminé, en redonnant à E, R, a, n, les acceptations habituelles, le maximum aura lieu pour

$$\sqrt{\frac{n}{R}\left(\frac{r + \frac{e}{M}}{N} + 1600\right)}.$$

Cette sériation convient rigoureusement au maximum de sensibilité de chacune des M × N amorces comme à leur maximum de calorique.

La valeur de l'expression est alors pour le maximum :

$$\frac{E\sqrt{e}}{MN} \times \frac{1}{2\sqrt{\frac{R}{n}\left(\frac{r + \frac{e}{M}}{N} + 1600\right)}},$$

et la valeur de la quantité de chaleur développée dans chacune des amorces sera :

$$\frac{K E^2}{4} \times \frac{e}{M^2 N^2} \times \frac{1}{\frac{R}{n}\left(\frac{r + \frac{e}{M}}{N} + 1600\right)}.$$

Pour la sériation et la résistance d'amorce correspondante au maximum de développement de chaleur.

avons pensé que la manière de procéder que nous avons adoptée était plus conforme à la marche des idées et devait paraître plus claire au lecteur.

a et e étant les deux variables, le maximum a lieu avec

$$e = \mathrm{MN}\left(\frac{a^2}{n}\,\mathrm{R} + \frac{r}{\mathrm{N}} + 1600\right).$$

(La valeur de résistance d'amorce correspondant au maximum de sensibilité serait de trois fois cette valeur du maximum de calorique, y étant déterminé à une unité près).

On peut remarquer en passant que cette formule donne généralement la valeur de la résistance e correspondant au maximum de chaleur développée dans chacune des amorces pour une sériation de caractéristique donnée a. Dans la recherche actuelle, elle veut dire de plus, que, quels que soient a et e, cette relation devra exister pour les valeurs de a et e cherchées.

La valeur du maximum cherché pour l'expression est alors :

$$\frac{\mathrm{E}}{2\,\mathrm{MN}} \times \frac{1}{\sqrt{\dfrac{a}{n}\,\mathrm{R} + \dfrac{r}{\mathrm{N}a} + \dfrac{1600}{a}}},$$

ou

$$\frac{\mathrm{E}}{2\sqrt{\mathrm{MN}}} \times \frac{1}{\sqrt{\dfrac{\mathrm{R}}{n} + \dfrac{r}{\mathrm{N}a^2} + \dfrac{1600}{a^2}}},$$

expression dont le maximum aura lieu nécessairement pour a le plus grand possible et par suite pour $a = n$.

(Cette valeur conviendrait à fortiori au maximum de sensibilité puisque la résistance d'amorce est alors plus grande encore).

La quantité de chaleur développée dans chaque amorce

devient :

$$\frac{K E^2}{4 M N} \times \frac{1}{\frac{R}{n} + \frac{r}{N n^2} + \frac{1600}{n^2}},$$

et la résistance de chaque amorce :

$$e = M N \left(n R + \frac{r}{N} + 1600\right).$$

(La valeur de la résistance d'amorce correspondant au maximum de sensibilité serait de trois fois cette valeur de e, y étant déterminé à une unité près).

Nous pouvons donc dresser le tableau des formules qui permettent de traiter rationnellement les questions relatives aux amorces et à leurs électromoteurs de mise en feu.

La pratique enseigne qu'il est impossible de mettre les dispositifs sous-marins absolument à l'abri des avaries multiples qui les menacent dans une application réelle de quelque durée.

Il y a donc, en l'espèce, le plus grand intérêt à s'efforcer d'assurer la mise en feu, malgré l'intervention de modifications fâcheuses qu'il est sage de prévoir; et, toutes choses égales d'ailleurs, la certitude du fonctionnement des mines sous-marines sera d'autant moins compromise que la sensibilité de mise en feu de l'amorçage affectera une plus grande valeur.

10 janvier 1877.

TABLEAU des formules générales propres à guider méthodiquement dans les déterminations pratiques.

(t REPRÉSENTE LA RÉSISTANCE A LA TERRE.)

RÉSISTANCE DE CHAQUE AMORCE.	SÉRIATION DE L'ÉLECTROMOTEUR.	QUANTITÉ DE CHALEUR DÉVELOPPÉE DANS CHAQUE AMORCE PAR 1 DE TEMPS.	CONDITIONS PARTICULIÈRES A L'ÉTABLISSEMENT DE CHAQUE FORMULE.	CONDITIONS COMMUNES A L'ÉTABLISSEMENT des 5 formules formant groupe.
$e = e$	$a = n$	$\frac{K E^2}{4} \times e \times 4 \times \frac{1}{\left(R + \frac{r+e}{n} + \frac{t}{n}\right)^2}$	Amorce et sériation déterminées, disposition en tension.	Un seul circuit et une seule amorce à la terre après une résistance extérieure utile r.
$e = e$	$a = a$	$\frac{K E^2}{4} \times e \times 4 \times \frac{1}{\left(\frac{aR}{n} + \frac{r+e}{a} + \frac{t}{a}\right)^2}$	Amorce et sériation déterminées, caractéristique différente de n.	
$e = e$	$a = \sqrt{\frac{n}{R}(r+e+t)}$	$\frac{K E^2}{4} \times e \times \frac{1}{\frac{R}{n}(r+e+t)}$	Amorce déterminée, trouver la sériation qui donne le maximum de calorique et de sensibilité.	
$e = \frac{a^2}{n} R + r + t$	$a = a$	$\frac{K E^2}{4} \times \frac{1}{\frac{R}{n} + \frac{r}{a^2} + \frac{t}{a^2}}$	Sériation déterminée, trouver l'amorce qui donne le maximum de calorique.	
$e = nR + r + t$	$a = n$	$\frac{K E^2}{4} \times \frac{1}{\frac{R}{n} + \frac{r}{n^2} + \frac{t}{n^2}}$	Trouver l'amorce et la sériation qui donnent le maximum de calorique.	
$e = e$	$a = n$	$\frac{K E^2}{4} \times \frac{1}{M} \times \frac{e}{M} \times 4 \times \frac{1}{\left(R + \frac{r + \frac{e}{M}}{n} + \frac{t}{n}\right)^2}$	Amorce et sériation déterminées, disposition en tension.	Un seul circuit et M amorces dérivées à la terre après une résistance extérieure utile r.
$e = e$	$a = a$	$\frac{K E^2}{4} \times \frac{1}{M} \times \frac{e}{M} \times 4 \times \frac{1}{\left(\frac{aR}{n} + \frac{r + \frac{e}{M}}{a} + \frac{t}{a}\right)^2}$	Amorce et sériation déterminées, caractéristique différente de n.	
$e = e$	$a = \sqrt{\frac{n}{R}\left(r + \frac{e}{M} + t\right)}$	$\frac{K E^2}{4} \times \frac{1}{M} \times \frac{e}{M} \times \frac{1}{\frac{R}{n}\left(r + \frac{e}{M} + t\right)}$	Amorce déterminée, trouver la sériation qui donne le maximum de calorique et de sensibilité.	
$e = M\left(\frac{a^2}{n} R + r + t\right)$	$a = a$	$\frac{K E^2}{4} \times \frac{1}{M} \times \frac{1}{\frac{R}{n} + \frac{r}{a^2} + \frac{t}{a^2}}$	Sériation déterminée, trouver l'amorce qui donne le maximum de calorique.	
$e = M(nR + r + t)$	$a = n$	$\frac{K E^2}{4} \times \frac{1}{M} \times \frac{1}{\frac{R}{n} + \frac{r}{n^2} + \frac{t}{n^2}}$	Trouver l'amorce et la sériation qui donnent le maximum de calorique.	
$e = e$	$a = n$	$\frac{K E^2}{4} \times \frac{1}{MN} \times \frac{e}{MN} \times 4 \times \frac{1}{\left(R + \frac{r + \frac{e}{M}}{Nn} + \frac{t}{n}\right)^2}$	Amorce et sériation déterminées, disposition en tension.	N circuits comprenant chacun M amorces dérivées à la terre après les résistances extérieures utiles r.
$e = e$	$a = a$	$\frac{K E^2}{4} \times \frac{1}{MN} \times \frac{e}{MN} \times 4 \times \frac{1}{\left(\frac{aR}{n} + \frac{r + \frac{e}{M}}{Na} + \frac{t}{a}\right)^2}$	Amorce et sériation déterminees, caractéristique différente de n.	
$e = e$	$a = \sqrt{\frac{n}{R}\left(\frac{r + \frac{e}{M}}{N} + t\right)}$	$\frac{K E^2}{4} \times \frac{1}{MN} \times \frac{e}{MN} \times \frac{1}{\frac{R}{n}\left(\frac{r + \frac{e}{M}}{N} + t\right)}$	Amorce déterminée, trouver la sériation qui donne le maximum de calorique et de sensibilité.	
$e = MN\left(\frac{a^2}{n} R + \frac{r}{N} + t\right)$	$a = a$	$\frac{K E^2}{4} \times \frac{1}{MN} \times \frac{1}{\frac{R}{n} + \frac{r}{Na^2} + \frac{t}{a^2}}$	Sériation déterminée, trouver l'amorce qui donne le maximum de calorique.	
$e = MN\left(nR + \frac{r}{N} + t\right)$	$a = n$	$\frac{K E^2}{4} \times \frac{1}{MN} \times \frac{1}{\frac{R}{n} + \frac{r}{Nn^2} + \frac{t}{n^2}}$	Trouver l'amorce et la sériation qui donnent le maximum de calorique.	

NATURAL HISTORY

NOTES

SUR LA

DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE

DES OISEAUX

DANS QUELQUES ARCHIPELS DE L'OCÉANIE

PAR

M. Henri JOUAN.

J'ai rappelé plusieurs fois les deux principales hypothèses mises en avant pour expliquer la formation de l'Océanie. Selon les uns, la plupart des nombreuses îles, dont l'ensemble constitue cette partie du monde, ne seraient que les points culminants d'un vaste continent effondré. D'autres auteurs, tout en admettant l'existence de ce continent à une autre époque géologique, sont d'avis que les îles *actuelles*, surtout dans la partie orientale appelée *Polynésie* par la généralité des géographes, au lieu d'être des points de ce continent restés émergés, ont surgi depuis sa disparition sous les eaux, à la suite de poussées de bas en haut, quelque fois très-violentes, des éruptions volcaniques puis-

santes, paraissant, dans certains cas, avoir eu lieu en plusieurs reprises après de longs temps d'arrêt. L'examen de la constitution des îles hautes de la Polynésie tend singulièrement à confirmer cette opinion, d'autant plus que, si dans la plupart de ces îles les feux souterrains paraissent être éteints depuis longtemps, ailleurs ils sont encore en pleine activité: c'est le cas de Hawaii, l'île la plus grande de l'archipel des Sandwich, qui, comparée à ses voisines du même groupe, peut être considérée comme étant encore en voie de formation volcanique.

Outre les îles hautes on rencontre dans l'Océanie des îles basses, des *atolls* madréporiques émergeant à peine au-dessus des eaux, le plus souvent groupés dans le voisinage des archipels composés de terres élevées. L'hypothèse de Darwin, basée sur les oscillations de la croûte terrestre, les affaissements dans certaines localités d'une part, de l'autre la croissance des polypiers pour gagner la surface des eaux, est encore seule capable, — bien qu'on l'ait attaquée depuis quelque temps — d'expliquer d'une manière satisfaisante la formation des îles et des récifs madréporiques. Ces oscillations s'observent encore aujourd'hui sur quelques îles, très-lentes il est vrai, mais pourtant sensibles au bout d'un certain nombre d'années. Le relief tourmenté des îles hautes indique que ces mouvements n'ont pas toujours été aussi lents, mais quelquefois très-violents et très-énergiques, comme c'est encore le cas à Hawaii.

Sauf de rares exceptions, les îles de l'Océanie sont comprises dans une zône qui embrasse de 20 à 23° de latitude de chaque côté de l'Equateur : alors, dans la première hypothèse qui fait de ces terres les restes d'un continent effondré, les épaves d'une autre Atlantide,

rien de surprenant de trouver sur celles qui ont le même sol, et sensiblement le même climat, des espèces identiques, ou très-voisines, d'animaux et de végétaux, et des espèces particulières là où le sol et le climat sont différents. Les expéditions de découvertes du dernier siècle avaient en outre mis en évidence ce fait singulier que sur un grand nombre d'îles, tant au Nord qu'au Sud de l'Equateur, sur un espace mesurant 1500 lieues du N.-E. au S.-O. et 1700 lieues de l'Est à l'Ouest, on rencontrait une même race d'hommes, montrant les mêmes caractères zoologiques et parlant des dialectes d'une même langue, ne différant pas plus entre eux que l'italien, l'espagnol et le portugais. Cette particularité semblait encore apporter un argument favorable à la supposition d'un continent submergé en partie : les hommes, les animaux et les végétaux auraient échappé au naufrage sur les sommets restés émergés; mais on ne peut plus invoquer cette raison pour expliquer la présence de la race d'hommes qui occupe maintenant la partie orientale de l'Océanie; il est acquis, il me semble d'une façon indiscutable, qu'elle y est arrivée par une suite de migrations dont le point de départ était le grand archipel d'Asie; ces migrations sont même relativement assez récentes, un peu postérieures, ou un peu antérieures à l'ère chrétienne. Quelques-unes des terres où abordèrent les émigrants étaient désertes ; sur d'autres il y avait des habitants, mais des observations récentes semblent bien établir qu'ils étaient aussi venus du dehors, et pareillement de contrées situées d'avantage à l'occident (1). Ce n'est pas ici le lieu d'exa-

(1) *Compte-rendu de l'Académie des Sciences*, « *Crania ethnica*, par MM. De Quatrefages et Hamy ». Séance du 23 décembre 1878.

miner toutes ces questions ; je ne puis que renvoyer aux beaux travaux de M. de Quatrefages sur ce sujet (1).

Si les îles de l'Océanie, celles de la Polynésie surtout, sont sorties brûlantes du sein des mers, il est permis de supposer que les germes des corps organisés y ont été apportés du dehors à moins que chaque île, ou au moins chaque archipel, n'ait été un petit centre de création. Cette question, agitée plus d'une fois, n'est pas encore résolue, tant s'en faut.

Pour ce qui est de la formation du tapis végétal, j'ai essayé (2), il y a déjà longtemps, de l'attaquer par ses côtés les plus accessibles ; j'ai recherché les effets des courants marins et des courants aériens, du transport volontaire, ou involontaire, par les hommes et les animaux etc., mais, sauf pour un petit nombre d'espèces dont la provenance peut être facilement retrouvée, je n'ai pu sortir du champ vague des conjectures.

Les mêmes problèmes se posent pour les animaux, et les réponses ne sont pas plus concluantes. Dans tous les cas, ce qui ressort des observations de tous les voyageurs, c'est — abstraction faite des productions marines — le peu de variété dans les formes de la création sur la plupart des îles de l'Océanie : à peine compte-t-on dans les

(1) *Les Polynésiens et leurs migrations. — L'espèce humaine*, 1877.

Discours prononcé à la séance générale de la Société d'Acclimatation, le 11 mai 1877. — Des explorations récentes à la côte occidentale de l'Amérique du Sud semblent établir que des colons *venus de l'Asie* avaient apporté dans cette partie de l'Amérique une civilisation qui a précédé celle des Incas. (Léo Quesnel : *Sur le musée d'Ethnographie* etc., Revue Politique et Littéraire, 9 février 1878).

(2) *Recherches sur l'origine et la provenance de certains végétaux phanérogames observés dans les Iles du Grand Océan.* Mém. de la Soc. des Sc. nat. de Cherbourg, tome XI, 1865.

archipels les plus favorisés de 5 à 600 plantes phanérogames, mais, si l'on ne regarde qu'à l'éclat, en beaucoup d'endroits, grâce à un climat chaud et humide, la végétation montre une grande vigueur et une grande profusion.

Les espèces animales sont également peu nombreuses. En fait de Mammifères, les navigateurs du dernier siècle ne trouvèrent qu'une petite espèce de Rat, des Porcs et des Chiens, et encore ces deux derniers n'existaient pas partout(1). Les archipels situés plus vers l'Ouest se ressentent du voisinage de la Papouasie; on y trouve une grosse espèce de Roussette; en somme la création est plus riche à mesure qu'on avance vers l'occident.

On remarque plus de variété parmi les oiseaux, pas partout cependant, car certaines Faunes ornithologiques locales sont très-pauvres, et, en général, les individus appartenant aux différentes espèces sont peu nombreux. Il n'en a pas toujours été ainsi, paraît-il; du moins les premiers visiteurs de l'Océanie signalent les oiseaux comme très-communs. Les gros rats introduits par les navires, en mangeant les œufs dans les nids, auront été sans doute les principaux agents de cette dépopulation; l'influence de l'homme civilisé, là où il s'est établi, a dû aussi se faire sentir.

La Faune ornithologique océanienne, tout en montrant un certain nombre d'espèces identiques sur la vaste étendue dont j'ai parlé (1580 lieues des îles Sandwich à la Nouvelle-Zélande, N.-E. — S.-O.: de l'île de Pâques à Tikopia, 1730 lieues, E.-S.-E. — O.-N.-O.), présente

(1) Sur quelques îles, avant l'arrivée des Européens, on élevait des poules en domesticité; il est à supposer que les premières avaient été apportées par les immigrants.

pourtant des caractères particuliers, locaux, suivant les archipels. D'un autre côté, en y regardant d'un peu près, n'y a-t-il pas lieu de dire comme M. Alph. Milne-Edwards le dit à propos de la Faune des régions australes (1), qu'en examinant la valeur des caractères sur lesquels les ornithologistes établissent des distinctions spécifiques, on reconnaît dans bien des cas « que les prétendues espèces doivent être seulement des races locales, ou même des variétés individuelles. » Il me semble que ces paroles peuvent s'appliquer à bon nombre d'oiseaux, entre autres à la jolie Colombe *Kouroukourou*, (*Thouarsistreron leucocephala* Bonap.) trouvée dans la plupart des îles de l'Océanie et de la Malaisie, et « qui, écrivait il y a déjà » longtemps M. R. P. Lesson (2), semblable en tous lieux » par l'ensemble de ses formes et la masse des couleurs » de son plumage, offre partout de nombreuses variétés » qui ont déjà cent fois torturé les naturalistes systémati- » ques aux descriptions précises desquels elles semblent » vouloir échapper». Je citerai encore des Martins-Pêcheurs qu'on rencontre en Australie, à la Nouvelle-Zélande, à la Nouvelle-Calédonie, aux Nouvelles-Hébrides, aux îles Salomon, à la Nouvelle-Guinée, aux îles Fidji, dans les Moluques, etc., etc.; les nuances insensibles de coloration qu'on remarque selon les diverses localités, quelquefois dans la même île, ne paraissent pas devoir constituer des différences d'espèces.

La question de la recherche des *origines*, posée il y a longtemps par les philosophes et les naturalistes, revient à notre époque à l'ordre du jour, et est abordée avec plus d'assurance, grâce aux faits acquis, à

(1) Revue Scientifique, 9 janvier 1875.
(2) Voyage de la *Coquille*, 1822-1825, Zool. T. 1. p. 296.

l'avancement de l'inventaire de la création sur le globe terrestre. Tous les faits se rattachant, de près ou de loin, à cette question qui a donné, et donne tous les jours lieu à d'ardentes controverses, sont, il me semble, bons à recueillir quelque peu importants qu'ils paraissent ; c'est pourquoi j'ai pensé qu'un aperçu à grands traits de la Faune ornithologique de quelques terres océaniennes, autant que les connaissances acquises aujourd'hui permettent de le faire, pourrait offrir quelque intérêt en raison des différences, ou des ressemblances, remarquées d'un archipel à l'autre, de la distribution géographique des espèces dont quelques-unes identiques, ou excessivement voisines, se trouvent sur des îles éloignées les unes des autres et manquent sur les îles intermédiaires : peut-être y a-t-il à tirer de ces faits quelques conséquences se rapportant aux *origines* ?

J'ai naturellement choisi les archipels où j'ai pu observer directement et voir mes observations contrôlées par celle de naturalistes compétents, les îles Sandwich, les îles Marquises, les îles de la Société, la Nouvelle-Calédonie, et même l'archipel Néo-Zélandais, quoiqu'il soit situé en dehors de la zône torride, parce qu'il montre, surtout dans sa partie Nord, des formes tropicales rencontrées dans l'autre hémisphère. Pour d'autres terres que je n'ai pas visitées, les travaux de voyageurs, de naturalistes faisant autorité, m'ont fourni des moyens de comparaison.

ILES HAWAII OU SANDWICH.

Le milieu de l'archipel Hawaiien est presque sous le tropique du Cancer, par 21° de lat. Nord et 160°

de long. Ouest de Paris, à 750 lieues dans l'Ouest de la presqu'île de Californie, à 600 dans le N.-N.-O. de l'archipel des Marquises, à la même distance dans l'Est des îles Marshall, les terres de la *Micronésie* (1) les plus avancées vers l'Est, et à 1200 lieues environ des points du grand archipel d'Asie les plus rapprochés. On peut considérer les Hawaii comme isolées, car, sur les vastes espaces de mer qui les séparent des points que je viens de citer, on ne rencontre que des îlots clair-semés en petit nombre, des récifs madréporiques, et l'existence de tous n'est pas certaine ; la chaîne d'îlots et d'écueils qui se dirige dans l'O.-N.-O, du côté du Japon, a cependant ses anneaux un peu plus serrés.

Les vents alisés du N.-E. se font sentir aux îles Sandwich, souvent avec une grande force, pendant les trois quarts de l'année ; les hauts sommets sont quelquefois couverts par la neige qui persiste durant des mois entiers sur les plus élevés, tels que ceux de Hawaii et de Maui.

Les premiers explorateurs mentionnent les oiseaux comme très-nombreux ; au temps présent, abstraction faite des oiseaux de mer et de rivage, à peine ai-je vu, dans le voisinage de Honoloulou, quelques Passereaux aux couleurs ternes. Les hautes régions boisées des îles sont plus habitées ; c'est là qu'on trouve encore les Nectarins dont les plumes brillantes entraient dans la confection des manteaux des chefs ; mais le mode de fabrication de ces vêtements devait entraîner la

(1) La *Micronésie*, pour la généralité des géographes, est l'ensemble des nombreuses Iles, presque toutes basses et madréporiques, qui occupent la partie occidentale du Pacifique-Nord.

destruction d'un grand nombre d'oiseaux ; Cook, il y a déjà un siècle, se plaignait de n'avoir pu se procurer en vie l'*Heorotaïre (Certhia vestiaria)*, petit oiseau dont les plumes d'un rouge éclatant servaient à faire des bonnets.

Un résident de Honoloulou, M. Sandford B. Dole, a donné, dans les *Proceedings* de la Soc. d'hist. nat. de Boston (février 1869), la liste de 48 espèces qu'on peut regarder comme déterminées avec certitude; mais, par la raison que le plus grand nombre des oiseaux hawaiiens vivent dans les bois et les montagnes, il est à présumer que la liste de M. Dole n'est pas complète, quelques-uns de ces oiseaux ayant pu échapper à des voyageurs ne passant que quelques jours dans les ports; lui-même va jusqu'à croire qu'elle ne doit pas contenir beaucoup plus de la moitié des espèces existant dans l'archipel. Je dirai que des oiseaux marins, des Fous qui fréquentent les côtes, n'y figurent pas; je n'y trouve pas non plus d'Hirondelles; il serait bien étonnant que cette famille qui compte des représentants sous tous les climats chauds et tempérés, entre autres dans le genre *Collocalia* en Océanie, n'en eût pas aux I. Sandwich.

La liste de M. Dole se décompose ainsi qu'il suit :

Rapaces. — 3 espèces : *Pandion solitarius* Cassin. — *Brachyotus Gallapagoensis* Gould. — *Strix lulu* Peale, (— *delicatula* Gould). Nous retrouverons cette dernière à une grande distance, dans l'hémisphère austral.

Passereaux. — **Méliphagidés** : 4 espèces, dont l'une, *Moho niger* Gmel., fournissait les plumes jaunes d'or entrant dans la confection du manteau royal. — **Proméropidés** : 4 *Drepanis*, parmi lesquels *D. coccineus* Cassin (*Certhia vestiaria* Lath.) — 3 *Hémignathes*, — 1 *Myzome-*

la, *M. melanogastra* Peale, — *nigriventris* Bonap.).— **Muscicapidés :** 1 espèce.

Turdidés : 2, dont *Tatare Otaïtensis* Less. — **Ampélidés** : 2 *Eopsaltria*.

Corvidés : 1, *Corvus hawaiiensis* Peale.

Fringillidés : 4 espèces; une entre autres, très-curieuse, *Psittirostra psittacea* Lath., qui, par ses formes, ressemble beaucoup à un petit perroquet.

Echassiers. — **Rallidés** : 2 *Ralles* proprement dits (1), — 1 *Gallinule*, *G. Chloropus* Gmel. — 1 *Foulque*.

Ardeidés : 2, dont nous retrouverons l'un, *Ardea sacra* Gmel., dans d'autres archipels.

Scolopacidés : 5; dans le nombre *Strepsilas interpres* L., presque cosmopolite.

Palmipèdes. — **Anatidés** : 3 ou 4 ? — *Bernicla Sandvicencis* Vigors, espèce d'Oie qui habite les hauteurs de Hawaii et de Maui. — *Anas superciliosa* Gmel., que nous retrouverons dans l'autre hémisphère. — *Anas clypeata* Gmel.

D'après Cassin, notre Canard sauvage, *Anas boschas* L., existerait aux Sandwich.

Pélécanidés : 3 espèces qui ont un *habitat* très-étendu, *Phaëton phœnicurus* Gmel. — *Ph. æthereus* L., — *Tachypetes aquila* Vieillot.

Laridés : 4, *Sterna Bergyii* Licht. — *Sterna Panaya* Finsch et Hartlaub — *Gygis candida* Bonap. — *Anoüs stolidus* Leach, auxquels on peut appliquer la même remarque.

Procellaridés : 2 — *Thalassidroma*, espèce non déterminée, — *Procellaria alba* Gmel.

(1) Il y a peut-être à ajouter : *Hypotœnidia* (*Rallus*) *Philippensis* L.

En comparant la liste de M. Dole avec les observations d'autres naturalistes, je ne la crois pas aussi incomplète qu'il le dit ; toujours est-il que cette énumération suffit pour faire voir que la Faune ornithologique des Sandwich diffère de celle des Iles Marquises et des Iles de la Société, situées de l'autre côté de l'Equateur, à peu près sous le même méridien, et qu'elle est plus riche. Sur les 48 espèces de M. Dole, 8 se retrouvent aux Marquises, savoir : *Tartare Otaïtensis* — *Ardea sacra* — *Totanus brevipes* — *Pluvialis longipes* — *Gygis candida* — *Anoüs stolidus* — *Phaëton phœnicurus*, — *Tachypetes aquila ;* la moitié sont des oiseaux de mer.

Trois Echassiers et un Palmipède seraient identiques à des espèces qu'on rencontre en Europe, et qui, du reste, semblent être cosmopolites : *Charadrius hiaticula* Lath. — *Gallinula chloropus* Gmel. — *Strepsilas interpres* Cassin. — *Anas clypeata* Gmel.

D'un autre côté, si les Sandwich ont *de plus* que les Marquises et les Iles de la Société des Oiseaux de proie, des Nectarins et des Guêpiers qui forment le caractère dominant de la population ornithologique des bois hawaiiens, des Hémignathes, si remarquables par la conformation de leur bec, un Corbeau, des Ralles, une Oie, deux Canards, on n'y rencontre ni Perroquets ni Pigeons(1), représentés dans presque toutes les îles Océaniennes par de belles espèces ; un Coucou, l'*Eudynamis Tahitensis* Sparm., que nous retrouverons presque partout ailleurs, ne figure pas non plus sur la liste de M. Dole.

(1) Je ne compte pas les descendants des Pigeons domestiques échappés des habitations.

ILES MARQUISES — ILES DE LA SOCIÉTÉ — ILES PAUMOTOU

Les Iles Marquises sont les terres de l'Océanie les plus avancées vers l'Est, par 9° de latit. Sud et 141° de long. Ouest ; ce sont des îles hautes, d'origine plutonienne, situées sur le parcours des vents alisés qui y sont variables du S.-E. au N.-E., et y soufflent presque constamment. La distance à la côte d'Amérique est de 1100 lieues en ligne droite ; aucune terre ne se montre sur ce long trajet.

Les Oiseaux ne sont pas nombreux, ni comme individus, ni comme espèces ; en comptant les oiseaux de mer, on n'arrive, pour ces derniers, qu'au chiffre 23 (1). A première vue, le nombre des espèces paraît plus grand, parce que, chez quelques-unes, il y a de grandes différences de plumage entre les jeunes et les adultes, les mâles et les femelles.

Cette petite Faune ornithologique est ainsi répartie :

Perroquets. — 1, *Coriphilus dryas* Gould.

Coucous. — 1, *Eudynamis Tahitensis* Sparm.

Passereaux. — **Turdidés**: 1, *Tatare Otaïtensis* Less.— **Muscicapidés**: 2, *Pomarea nigra* Bonap.;— *Metabolus rugensis* Pucheran — **Fissirostres**: 2 Hirondelles, dont *Collocalia (Salangana) fuciphaga* Thunberg.

Pigeons. — 2 : *Thouarsistreron leucocephala* Bonap.,

(1) La collection complète des oiseaux des Iles Marquises, rapportée par M. Jardin, en 1855, a été déterminée par le prince Ch. Bonaparte (*Compte rendus de l'Acad. des Sci. T. XLI*). Je trouve dans la liste de M. Jardin le *Daption Capensis* que les naturels appelleraient *Koupoutou* : par conséquent ils le connaîtraient. Il est possible que les *Damiers* descendent par une latitude aussi basse que celle des Marquises, mais, pour ma part, pendant un séjour de trois ans dans ces îles, je n'en ai jamais vu.

charmante variété (?) de la *Colombe Kouroukourou* (1). — *Serresius galeatus* Bonap., grande espèce de Carpophagien établie par le prince Ch. Bonaparte sur des débris rapportés par M. Jardin en 1855, et dont j'ai donné, deux ans plus tard, les deux premiers échantillons complets au Muséum.

Echassiers. — 3 : *Ardea sacra* Gmel. — *Pluvialis longipes* Temm. — *Totanus brevipes* Vieillot.

Palmipèdes. — 10: *Daption Capensis* L. — *Phaëton candidus* Briss. — *Phaëton phœnicurus* Briss. — *Fregetta Amphitrite* Bonap. *(sp. nov.)*. — *Tachypetes aquila* Vieillot. — *Dysporus fuscus* Ill. — *Piscatrix candida* Bonap. — *Anoïs stolidus* Leach. — *Onychoprion fuliginosum* Wagl. — *Gygis candida* Bonap.

Les mêmes espèces se retrouvent sur les Iles de la Société dont la nature a les plus grands rapports avec celle des Marquises, dans le S.-O. desquelles elles sont situées, par 17° de latit. S et 152° de longitude O; mais il me semble qu'aujourd'hui les individus sont encore moins nombreux que dans ce dernier archipel, et il pourrait se faire que quelques genres y soient maintenant à peine représentés.

La Faune ornithologique des nombreuses îles madréporiques composant l'archipel des Paumotou, qui s'étend sur une longueur de 300 lieues, du N.-O. au S.-E, dans l'Est des Iles de la Société, participe de celle de ces dernières.

(1) *Koukou* des naturels ; pour les personnes au courant des dialectes polynésiens, ce mot a la même valeur que *Kouroukourou*.

Iles Fidji *ou* Viti — Iles Tonga — Iles Samoa.

Quittant Tahiti en se dirigeant vers l'Ouest, à 400 lieues de distance, dans un espace compris entre le 14° et le 21° parallèle austral et le méridien de 173° à l'ouest de Paris et le méridien de 176° à l'Est, après avoir dépassé des îles éparses ou réunies en petits groupes, on rencontre trois archipels importants : les Iles des Navigateurs ou Samoa, Hamoa, les Iles Tonga ou des Amis, les Iles Fidj ou Viti. Je n'ai pas vu ces différentes îles, mais elles ont reçu, à diverses reprises, la visite de naturalistes, qui ont publié les résultats de leurs observations. Les Fidji principalement ont été, dans ces dernières années, l'objet d'explorations suivies, ce qui est important pour la question qui m'occupe à cause de la position de cet archipel à 180 lieues dans l'Est des Nouvelles-Hébrides, et à 220 lieues dans l'E.-N.-E. de la N.-Calédonie.

Le Tôme 1^er^ des « *Proceedings* de la Société Linnéenne de la Nouvelle-Galles du Sud » contient un article de M. E. Pierson Ramsay sur la Faune ornithogique des Iles Fidji, lu dans la séance du 24 décembre 1875, dans lequel sont énumérées toutes les espèces d'oiseaux de cet archipel connues à cette date. Comparée à celles que j'ai déjà passés en revue, surtout à celle des Marquises et des Iles de la Société, cette Faune est très-riche puisqu'elle se compose de 74 espèces bien déterminées, auxquelles il y en aurait à ajouter 17 autres, en tout 91, mais il est probable que quelques-unes de ces dernières font double emploi. Quelques espèces, signalées par les naturels seulement, doivent être aussi considérées, jusqu'à un certain point, comme douteuses.

Non seulement le nombre des espèces est plus grand que dans les archipels déjà passés en revue, mais on voit figurer ici d'autres genres, qu'on retrouve à mesure qu'on s'avance vers l'Ouest du Pacifique-Sud, entre autres :

Parmi les PASSEREAUX, les genres *Halcyon*, *Ptilotis*, *Zosterops*, *Petroïca*, *Lamprolia*, *Artamus*, *Myagra*, *Muscylva*, *Rhipidura*, *Lalage*, *Myiolestes*, *Pachycephala*, *Campephaga*, *Merula*, *Aplonis*, etc.

Parmi les PERROQUETS : *Platycercus*, *Trichoglossus* ;

Parmi les PIGEONS, outre le genre *Ptilinopus* : *Chrysœna*, *Phlegœnas*, *Carpophaga* ;

Parmi les ECHASSIERS : *Hypotœnidia*, *Ortygometra*, *Porphyrio* ;

Parmi les PALMIPÈDES : *Dendrocygna*, *Fulmarus* ;

Principales espèces :

Les RAPACES seraient au nombre de 5, mais ce nombre, par suite de doubles emplois, doit plutôt se réduire à 3, dont un Nocturne, *Strix lulu* Peale (—*delicatula* Gould), a déjà été signalé aux I. Sandwich, à 900 lieues dans l'autre hémisphère, et se retrouverait à la N.-Calédonie.

PASSEREAUX — Une Hirondelle, *Hirundo Tahitica* Gmel., et deux *Collocalia*, dont une, *C. Vanikorensis* Quoy et Gaim.; peut-être de simples variétés de ce genre représenté partout dans la mer du Sud. — Un *Caprimulgus*, (sp. nov.), signalé seulement par les naturels ;

Todiramphus (Halcyon) Vitensis Peale ; probablement une variété locale de *Halcyon sacra* Forst.;

Myzomela jugularis Peale ;

Un *Artamus*, peu différent de *A. Melaleucus* J. Verr. et O. des Murs, de la N.-Calédonie, peut-être le même ;

PERROQUETS. — Cinq ou six espèces, très-communes et en général remarquables par leur beau plumage, des genres *Platycercus* et *Trichoglossus* ;

Coucous — *Cacomantis (Cuculus) simus* Peale me paraît se rapprocher beaucoup de *Cuculus bronzinus* G. R. Gray de la N.-Calédonie. — *Eudynamis Tahitensis* Sparm. L'existence de cette espèce qui se trouve à Tahiti, à la N.-Calédonie, à la N.-Zélande, serait douteuse aux I. Fidji ; elle me paraît pourtant très-probable. — *Chalcites...?*

Pigeons— 2 **Ptilinopes**, *Ptilinopus porphyraceus* Forst.; *Pt. Mariæ* Hombr. et Jacq. — 3 **Chrysæna**, *Chr. luteovirens* Hombr. et Jacq.; *Chr. viridis* E.-L. Layard ; *Chr. victor* Gould; — 2 **Carpophaga** : *Carpophaga latrans* Peale ; *C. (Janthœnas) Vitensis* Quoy et Gaim., qu'on retrouve à la N.-Calédonie.

Echassiers — *Pluvialis longipes* Temm.; *Totanus brevipes* Vieill., signalés tous les deux aux I. Sandwich et aux I. Marquises.

Hypotœnidia (Rallus) Philippensis [L. Espèce à aire très-vaste, Nouvelle-Calédonie, Australie, Iles Philipines, etc. — *Ortygometra (Rallus) quadristrigata* Horsf. La même espèce qu'aux Iles Sandwich? — *Porphyrio Vitensis* Peale, sans doute une variété locale du genre *Porphyrio*, très-répandu sur les terres de l'Ouest du Pacifique. — *Strepsilas interpres* L., Iles Sandwich, Nouvelle-Calédonie, etc. — *Ardea sacra* Gmel., Iles Sandwich, Iles Marquises, etc.

Palmipèdes. — *Anas superciliosa* Gmel., signalé à la Nouvelle-Calédonie, à la Nouvelle-Zélande et aux Iles Sandwich; ces deux derniers archipels sont à 1500 lieues l'un de l'autre.

Sterna Bergyii Licht. ; *Sterna Panaya* Gmel., toutes deux signalées aux Iles Sandwich. — *Sterna melanauchen* Gould, etc. — *Gygis candida* Bonap.. ; *Anoüs stolidus* Leach.; *Tachypetes aquila* Vieill. ; *Phaëton phœnicurus* Gmel., Iles Sandwich, Iles Marquises, Iles de la Société.

M. Ramsay fait la remarque que, parmi les espèces d'oiseaux des Iles Fidji, un certain nombre ne doivent être que des variétés locales de formes particulières aux îles de la Mer du Sud ; il signale le petit nombre des Oiseaux de proie, mais ce qui lui paraît surtout étonnant, c'est le peu d'oiseaux de mer signalés ; à voir l'immense quantité de poissons d'espèces différentes qui fréquentent les eaux des Fidji, on devrait supposer une plus grande quantité, et une plus grande variété d'oiseaux marins.

Autant qu'il me semble, la Faune ornithologique des Iles Samoa et des Iles Tonga participe de celle des Fidji ; on y trouve cependant des espèces particulières, entre autres parmi les Pigeons. C'est à Tonga qu'on rencontre la belle espèce *Carpophaga Pacifica* Gmel.; elle a été également signalée aux Fidji, mais son existence dans ces îles est bien douteuse (1).

Nouvelle-Calédonie

La Nouvelle-Calédonie est à 220 lieues environ dans l'O.-S.-O. des I. Fidji, à 250 du point le plus rapproché de l'Australie, entre 20° et 22° 1/2 de latitude Sud, 161° et 164° 1/2 de longitude Est. Sa longueur du S.-E. au N.-O. est de 270 kilomètres sur une largeur moyenne de 55. Ici ce n'est plus la même simplicité de constitution géologique que dans les archipels plutoniens du Pacifique Oriental ; la structure de la N.-Calédonie est beaucoup plus compliquée ; les roches volcaniques proprement dites, les seules qu'on rencontre dans ces archipels, y sont rares par rapport aux roches sédimentaires et métamorphiques.

(1) Voir plus loin, *Note A*.

Le séjour de Cook à Balade, à l'extrémité N.-E. de l'île, lorsqu'il la découvrit en 1777, ne fut que de sept jours. D'après lui les oiseaux *de terre* n'étaient pas nombreux, mais on en aperçut plusieurs inconnus aux explorateurs. Le compagnon de Cook, Forster, signale au contraire une grande variété d'oiseaux, la plupart nouveaux. « Des mil-« liers d'oiseaux, dit-il, voltigeaient continuellement au « sommet des arbres, où ils se mettaient à l'abri des « rayons brûlants du soleil. » — Les récits de Cook et de Forster ne sont pas d'accord, et ce n'est pas la seule contradiction qu'on rencontre dans les deux narrations du même voyage. Forster était assez disposé à voir les choses en beau, et, si on juge par ce qui se passe aujourd'hui dans les endroits fréquentés par les navires, la quantité d'oiseaux dont il peuplait la N.-Calédonie serait exagérée. Il paraît cependant que quelques localités sont très-favorisées sous ce rapport, car, dans le récit d'un voyage fait à travers l'île, en 1865, on parle des *myriades* d'oiseaux rencontrés dans l'intérieur (1). Quoiqu'il en soit, on en voit plus que dans les archipels orientaux, et présentant une plus grande variété dans certains ordres, ce qui est dû à la nature du pays ; ainsi la plupart des nombreux cours d'eau de la N.-Calédonie forment, à leurs embouchures, des deltas marécageux où vivent des Canards et des Echassiers au milieu des palétuviers, tandis qu'au sommet de ces arbres voltigent des Gobe-Mouches attirés par les insectes.

Dans les commencements de l'occupation française, une belle collection ornithologique fut envoyée à Paris et soumise à l'examen de MM. J. Verreaux et O. des Murs, qui publièrent le résultat de leurs recherches en septem-

(1) Moniteur de la N.-Calédonie, 9 avril 1865.

bre 1860, dans la « *Revue et Magasin de Zoologie* ». Le nombre des espèces était de 76, que j'ai retrouvées presque toutes pendant mon séjour à la N.-Calédonie (1860-1863)(1). Sur ces 76 espèces, d'après ces deux naturalistes, 45 sont propres à l'île, 18 lui sont communes avec la Nouvelle-Hollande orientale, et 13 se retrouvent dans la Polynésie et la Nouvelle-Guinée (2). Ainsi la Faune ornithologique Néo-Calédonienne, par le nombre des espèces qui lui sont propres, a un caractère particulier, et elle se tient à peu près à la même distance des archipels océaniens et de l'Australie orientale ; quelques oiseaux calédoniens se retrouvent aussi à la Nouvelle-Zélande ; quelques-uns rappellent les types des latitudes plus voisines du pôle.

Depuis, le nombre des espèces de la N.-Calédonie a été porté par M. G. R. Gray (3), à 106 ainsi réparties :

Rapaces	9	Pigeons	6	Pinnatipèdes	1
Passereaux	41	Gallinacés	2		
Perroquets	6	Echassiers	19		
Coucous	3	Palmipèdes	19		

On voit que la Faune ornithologique Néo-Calédonienne est beaucoup plus riche que celle des archipels déjà passée en revue : on y rencontre aussi des genres que nous n'avons pas encore trouvés sur ces derniers. Les 30 espèces ajoutées par M. G. R. Gray ne modifient pas ses caractères par rapport aux Faunes des terres voisines. Je répéterai encore ici ce que j'ai déjà dit, que, *très-proba-*

(1) *Notes sur la Faune ornithologique de la N.-Calédonie*, H. Jouan, Mém. de la Soc. des Sc. nat. de Cherbourg, t. IX, 1863.

(2) J. Verreaux et O. des Murs, *loc. cit.*

(3) Annales de la Soc, Linn. de Bordeaux, t. XXVII, p. 327 ; *Mélanges ornithologiques*, etc., par Eug. Marie.

blement, plusieurs espèces ne sont que des variétés locales.

Jetons un coup d'œil sur les principales :

Rapaces. — La plupart, sinon tous, se retrouvent en Australie. L'un d'eux, Nocturne, *Strix delicatula* Gould, a été reconnu aux Iles Sandwich et aux Iles Fidji.

Passsereaux.— *Collocalia*?.... Variété locale ? — *Halcyon sanctus* Forster ; tout le Pacifique occidental. — *Turdus xanthopus* Forster — 2 *Myagra* — 2 *Rhipidura* — 4 *Pachycephala* — *Artamus melaleucus* J. Verr. et O. des Murs, le même qu'au Fidji. — *Gazzola typica*, Bonap. Corvidé propre à la Nouvelle-Calédonie. — *Corvus corone* Wagl. ? — *Physocorax (Corvus) moneduloïdes* Less., un des oiseaux les plus communs dans les bois — *Leptornis Aubryanus* J. Verr. et O. des Murs, une espèce des plus intéressantes, particulière à la Nouvelle-Calédonie — 5 *Aplonis* — *Tropidorhynchus Lessonii* G. R. Gray, oiseau chanteur très-commun, aux formes très-élégantes — 5 *Glyciphila*, également aux formes élancées et élègantes — 2 *Myzomela*, charmants petits oiseaux, remarquables par leur livrée où domine le carmin — 2 *Zosterops*, dont la robe rappelle celle de nos *Verdiers* ; l'un d'eux est remarquable par un cercle blanc autour des yeux ; s'élève très-bien en cage. — *Erythrura psittacea* Gmel., tout petit oiseau, très-répandu ; plumage vert-gai en dessus, rouge cramoisi en dessous.

La plupart des Passereaux ont un joli plumage.

Perroquets. — Remarquables par leurs belles couleurs. *Platycercus Caledonicus* Gmel. — *Cyanoramphus Saisseti* J. Verr. et O. des Murs — *Trichoglossus Deplanchei* J. Verr. et O. des Murs — *Psittaculeles diadema* J. Verr. et O. des Murs ; propres à la Nouvelle-Calédonie.

Coucous. — *Eudynamis Tahitensis* Sparm. — *Cacomantis* (*cuculus*) *bronzinus* G. R. Gray, Iles Fidji — *Chalcites lucidus* Gmel., me paraît rare.

Pigeons. — *Ptilinopus Greyi* G. R. Gray, variété de la Colombe *Kouroukourou*. — *Lamprotreron* (*Drepanoptila*) *holosericeus* G. R. Gray, se rapproche d'une espèce des Fidji ? — *Carpophaga* (*Phœnorhina*) *Goliath* G. R. Gray, le géant de l'ordre des Colombidés, particulier à la Nouvelle-Calédonie. — *Carpophaga œnea* G. R. Gray, me paraît douteux en Calédonie — *Chalcophaps chrysochlora* Gould (1).

Gallinacés. — *Turnix varius* Temm. — *Rhynochetos jubatus* J. Verr. et O. des Murs, le *Kagou* des naturels ; oiseau bizarre, propre au Sud de la Nouvelle-Calédonie, placé d'abord parmi les Echassiers, mais un examen plus attentif l'a reporté au Gallinacés.

Echassiers. — *Totanus brevipes* Vieill. Plusieurs Pluviers, *Charadrius*, *Numenius*, *Strepsilas interpres* L.; Iles Sandwich, Iles Fidji. — 2 *Limosa*, dont une se retrouverait à la Nouvelle-Zélande — Plusieurs Ralles parmi lesquels *Porzana leucophrys* Gould, et *Hypotœnidia (Rallus) Philippensis* L. dont l'*habitat* est très-étendu, Iles Sandwich (?), Iles Fidji — *Gallirallus La Fresnayi* J. Verr. et O. des Murs, propre à la Nouvelle-Calédonie, curieuse espèce qui tient des Echassiers et des Gallinacés, rare ; atteint quelquefois, dit-on, la taille d'un Dindon — *Porphyrio melanotus* Temm. — Plusieurs Hérons, dont *Nycticorax Caledonicus* G. R. Gray, curieux par ses changements de plumage suivant l'âge.

Palmipèdes. — *Larus Novæ-Hollandiæ* Steph. — *Ster-*

(1) Une espèce que j'ai vue en Cochinchine est très-voisine, peut-être la même.

na gracilis, Gould. — *Sterna melanauchen* Temm. — *Sterna fuliginosa* Gmel. — *Sterna paradisea* Gould. — *Anoïs stolidus* Leach, etc.

Phaëton candidus Briss.— *Phaëton phœnicurus* Briss., Gmel. — *Tachypetes aquila* Vieill. — *Tachypetes minor* Gmel. — *Dysporus fuscus*, Ill. — *Sula parva* Gmel. — *Piscatrix candida* Bonap., etc.

Ces Grands-Voiliers èt ces Totipalmes, ou des espèces très-voisines, se retrouvent, plus ou moins, sur toute l'étendue du Grand Océan tropical.

Phalacrocorax melanoleucus Vieill.; ce Cormoran rappelle les latitudes plus australes. — *Anas superciliosa* Gmel., I. Sandwich, I. Fidji, N.-Zélande.

— *Anas castanea* Gould. — *Spatula rhynchotis* Lath. — *Dendrocygna Gouldi* Bonap, etc.

Pinnatipèdes. — *Podiceps gularis* Gould.

Le petit archipel des Loyalty, composé de trois îles principales et de quelques îlots, qui s'étendent du N.-O. au S.-E, parallèlement à la N.-Calédonie, et à une distance de 12 à 15 lieues d'elle, a la même Faune ornithologique, mais, peut-être, par suite du manque d'eau douce sur ces petites terres madréporiques, les oiseaux y sont moins nombreux : je n'y ai vu, pour ma part, que quelques Perroquets, deux Nectarins et quelques Gobe-Mouches ; cependant, on entendait dans les bois les roucoulements sourds du *Carpophaga Goliath*, et dans l'île d'Ouvea, on m'a montré, au bord de la mer, une lagune fréquentée par des *Porphyrio*, d'autres Echassiers et des Canards.

NOUVELLES-HÉBRIDES. — ILES SALOMON. — NOUVELLE-BRETAGNE. — NOUVELLE-IRLANDE. — NOUVELLE-GUINÉE.

Dans le N.-E. de la N.-Calédonie, à 60 lieues environ, l'archipel des Nouvelles-Hébrides forme une chaîne qui s'allonge du N.-O. au S.-E., entre le 15e et le 21e parallèle de latitude australe. La Faune ornithologique de ces îles, à en juger par les belles planches coloriées jointes à l'ouvrage de M. Brenchley *(Cruise of H. M. S.* Curaçoa *among the South Sea Islands in 1865*, Londres 1873), et accompagnées de notes de M. G.-R. Gray, montre des rapports étroits avec celle de la N.-Calédonie ; ainsi, dans les espèces suivantes de PASSEREAUX nommés par ce dernier : *Glyciphila flavotincta*, *Zosterops flavifrons*, *Myagra melanura*. *Pachycephala chlorura*, *Eopsaltria cucullata*; on ne remarque, avec des espèces calédoniennes, que des différences insignifiantes qui permettent de dire qu'il n'y a là que des variations locales. Il en est de même d'un beau Perroquet, *Trichoglossus Massena*, qui se retrouve aux Iles Salomon, mais une autre espèce du même genre, *T. palmarum* Wagl., au plumage entier d'un beau vert-gai, à l'exception du bout de la queue qui est jaune, et du tour du bec couleur de carmin, paraît propre aux N.-Hébrides. On trouve aussi dans ces îles une espèce de Mégapode (1).

A 50 ou 60 lieues plus loin dans la direction du N.-O., on rencontre les Iles Salomon signalées pour leurs belles espèces de Perroquets et de Pigeons (2), et servant de confins, du côté de l'Orient, aux îles habitées par les Papouas, qui s'étendent, du 10e degré de latitude Sud à

(1) Voir plus loin, *Note B.*
(2) Voir *Note C.*

l'Equateur, au N.-E. et au N. de la Nouvelle-Hollande, et vont rejoindre le grand archipel d'Asie. Les principales de ces terres sont: l'archipel de la Louisiade, la Nouvelle-Bretagne, la Nouvelle-Irlande, et la Nouvelle-Guinée, l'une des plus grandes îles du globe, dont on ne connaissait jusqu'à ces dernières années que quelques points seulement, mais depuis, quelques hardis explorateurs, que ne découragent ni l'insalubrité du climat, ni l'hostilité des populations, commencent à l'entamer sérieusement.

Le Tome 1^er^ des *Proceedings* de la Société Linnéenne de la Nouvelle-Galles du Sud (1877) contient une notice par M. Ramsay, conservateur du Musée de Sydney, sur 90 oiseaux provenant de la Nouvelle-Bretagne et de la Nouvelle-Irlande, ces terres encore si peu connues, et sur la Faune desquelles on n'avait pas de notions certaines depuis l'expédition française de la *Coquille* (1822-1825). Elles sont riches en belles espèces au brillant plumage, parmi lesquelles on en remarque qui sont communes avec l'Australie et quelques-uns des archipels déjà passés en revue, mais on peut aussi reconnaître la tendance de cette Faune à se rapprocher du grand archipel d'Asie.

Citons les principaux types:

Les Rapaces semblables à des espèces australiennes, ou voisins de ces espèces, sont au nombre de 7 : 5 Diurnes et 2 Nocturnes.

Parmi les Passereaux, on remarque: *Collocalia esculenta*, la Salangane aux nids comestibles — 2 Martins-Pêcheurs. — *Corvus orru* Sclat. — *Dicrurus longicaudus* G. R. Gray; — *D. assimilis* G. R. Gray. — *Rhipidura isura* G. R. Gray; — *Petroïca pusilla* Peale, I. Salomon, I. Fidji. — *Myzomela...*, toute petite espèce, entièrement couleur de carmin. — *Cyanuris australis* Gould. — *Pitta...*? — *Artamus monachus* Bonap. etc.

Pigeons. — Nombreuses et très-belles espèces : 2 Ptilinopes, dont *P. superbus* Gould, Australie. — *Carpophaga pacifica* Gmel. — *C. microcera* Gould. — *C. rubricera* Gould. — *C. spilorrhea* Gould. — *Macropygia cateretia* Ramsay. — *Phlegœnas Stairii* G. R. Gray, I. Fidji. — *Chalcophaps Stephani* G. R. Gray. — *Columba Nicobarica* Temm., Cochinchine. — *Janthœnas metallica* Temm. etc.

Perroquets. — 2 Kakatoës blancs. — *Nasiturna pusio* Sclat. — *Trichoglossus..?* — *Loriculus...?*

Coucous. — *Cuculus inspiratus* Gould. — *Eudynamis Tahitensis* Sparm., très-nombreux.

Echassiers. — *Hypotœnidia* (*Rallus*) *Philippensis* Temm. — *Megapodius...* — Hérons, peu nombreux.

Nycticorax Caledonicus G. R. Gray.— *Totanus brevipes* Vieill. — *Tringa minuta* Temm., etc.

Palmipèdes. — *Anoïs stolidus* Leach. — *Tachypetes aquila* Vieill. — *Phaëton phœnicurus* Briss., etc.

M. Ramsay ne parle pas d'un grand oiseau de la N.-Bretagne, un Casoar. *Casuarius Bennetti* Gould, *Moureuk* des indigènes, espèce découverte il y a vingt ou vingt-cinq ans (1).

Le savant M. Macleay, de Sydney, qui a visité la partie Sud de la Nouvelle-Guinée en 1875, dit de la Faune ornithologique de cette contrée qu'elle a de très-grands rapports avec celle de l'Australie, ayant en commun

(1) *Note sur le Casoar de la N.-Bretagne*, H. Jouan, T. IX des Mém. de la Soc. des Sci. nat. de Cherbourg, 1863. Au mois de mars 1863, le Dr Bennett, de Sydney, m'avait confié un jeune *Moureuk* vivant pour le porter à Paris, mais, malgré tous mes soins, ne pouvant supporter le froid humide des hautes latitudes, il mourut dans la traversée. J'ai remis la peau de cet oiseau au Muséum. Plusieurs *Moureuks* ont pu être amenés vivants à Londres.

avec elle des genres et des espèces; mais, en outre, on trouve dans cette grande île des types particuliers d'oiseaux qui la rattachent au grand archipel d'Asie. Une des espèces qui fréquente l'Australie pendant l'été en grand nombre, *Merops ornatus* Gould, est très-commune ; il en est de même de l'*Eurystomus pacificus* Gould, du beau pigeon du détroit de Torres, *Carpophaga spilorrhea* Gould. La plupart des Nectarins et des Gobe-Mouches de la N.-Guinée appartiennent à des genres rencontrés en Australie. Parmi les oiseaux propres au pays, les plus beaux, au plumage le plus brillant, sont des Pigeons, des Martins-Pêcheurs et des Grimpeurs ; M. Macleay put aussi se procurer quelques échantillons d'une espèce très-rare, le *Ptilhoris Victoriæ*, et du *Buceros ruficollis*.

Il faut ajouter à ses récoltes une abondante collection d'oiseaux de mer, principalement des Sternidés.

Tout le monde sait que la N.-Guinée est la patrie des *Oiseaux de Paradis*, des *Astrapies*, des *Manucodes*, tous plus remarquables les uns que les autres.

NOUVELLE-ZÉLANDE.

L'archipel Néo-Zélandais, composé de trois îles, est compris entre le 33e et le 47e degré de latitude Sud et les méridiens de 165° et de 176° à l'Est de Paris, à 250 lieues au S. de la N.-Calédonie et 350 de l'Australie. De l'extrémité Nord à l'extrémité Sud, on compte environ 1600 kilomètres. Au milieu des diverses formations qui ont concouru pour donner à cette contrée son relief actuel, on reconnaît partout les traces des feux souterrains ; les volcans ont joué ici un grand rôle, et aujourd'hui il y en a encore en pleine activité. Une grande chaîne de montagnes s'allonge du Nord au Sud de l'archi-

pel, projetant, dans certaines parties, des pics dont quelques-uns élèvent à plus de 4,000 mètres leurs sommets toujours couverts de neige. L'île Stewart, la plus au Sud, n'est qu'un amas de montagnes. La partie S.-O. de l'île du Milieu est également bouleversée ; les contreforts de la chaîne centrale s'avancent jusqu'à la mer, enserrant entre eux des baies étroites aux eaux très profondes, qui rappellent les *fiords* de la Norvège et les canaux de l'extrémité méridionale de l'Amérique. Sauf à la côte occidentale de l'Ile du Milieu, les côtes sont presque partout dentelées par des baies et des ports où les mouvements des marées laissent à découvert des bancs de sable et de vase, circonstances favorables à l'existence de nombreux oiseaux aquatiques.

Le climat est tempéré et humide, mais, naturellement par suite du relief varié du pays, il offre des différences suivant les localités. On peut dire qu'il est rude, surtout dans la partie Sud de l'Archipel, comparé au climat des latitudes correspondantes en Europe. La mer qui baigne les côtes est tempétueuse à ce point que d'Urville a pu dire, avec raison, que, si les anciens avaient connu la N.-Zélande, ils en auraient fait le séjour préféré d'Eole.

Parmi les animaux, il y a des espèces qui rappellent des espèces tropicales ; pour quelques-unes l'identité est même complète, malgré une assez grande dissemblance de climat, mais la Faune a plutôt le cachet des régions australes. Ce qui frappa d'abord les premiers explo-explorateurs, c'est la pauvreté de certaines branches de la création dans cette contrée qui occupe un espace de 300 lieues en latitude ; c'est la même pénurie que dans la plupart des petites îles du Grand Océan, pour ce qui est des productions du Règne Animal : absence presque complète de Mammifères et de Reptiles : Oiseaux,

communs, il est vrai, sur quelques points, mais peu variés. La Faune marine était plus riche, les côtes sont très-poissonneuses, et, pendant quelques années, la pêche de la Baleine et des Phoques a donné lieu à d'importantes expéditions, mais ces animaux deviennent de plus en plus rares, les derniers surtout, presque anéantis aujourd'hui.

La création n'a pourtant pas été toujours aussi réduite à la N.-Zélande ; à une autre époque, peut-être pas très-éloignée de nous, ces terres étaient le domaine de grands oiseaux sans ailes, des Struthionidés (*Dinornis*, *Harpagonis*, *Palapteryx*) dont quelques-uns, véritablement gigantesques, tenaient la place des grands Mammifères, et dont on retrouve les débris plus ou moins fossilisés. Ils ne sont plus représentés aujourd'hui en vie que par les *Apteryx*, oiseaux bizarres, de la grosseur d'une poule, qui semblent aussi menacés d'une destruction prochaine. Il en est de même d'un curieux Perroquet nocturne, le *Strigops habroptilus* G. R. Gray, du *Psittacus nestor* Kuhl ; les vieux *Maoris* (1) affirment que ces oiseaux, et d'autres encore, très-abondants aux jours de leur jeunesse, deviennent de plus en plus difficiles à trouver ; on ne les rencontre guère que dans les cantons inhabités.

Dans une notice que la Société des Sciences Naturelles de Cherbourg a bien voulu publier dans ses Mémoires (2), j'ai parlé en détail des espèces d'oiseaux

(1) C'est le nom que se donnent les indigènes.

(2) « *Essai sur la Faune de la Nouvelle-Zélande* », H. Jouan, Tôme XIV des Mém. de la Soc. des Sci. nat. de Cherbourg, 1869. Voir deux autres articles : « *Notes sur les bois de la Nouvelle-Zélande* », Mém. de la Soc. des Sci. nat. de Cher-

éteintes, des causes probables de leur disparition, des espèces actuellement vivantes à la Nouvelle-Zélande : je me contenterai de rappeler ici à grands traits une partie de ce que j'ai longuement exposé dans cet article auquel je renvoie le lecteur.

Si je ne m'en rapportais qu'à mes premières impressions à la Baie des Iles (dans la partie N. de l'archipel), je dirais que la Nouvelle-Zélande manque à peu près d'oiseaux, d'oiseaux *terrestres* du moins, car, si ceux qui fréquentent le rivage et la mer sont nombreux, à peine ai-je rencontré quelques Passereaux dans mes excursions sur le contour de la Baie. Trente ans auparavant, Darwin avait fait la même remarque (1); il avait trouvé les bords de la Baie des Iles très-pauvres en oiseaux et les forêts voisines, de *Waimaté*, ne lui en montrèrent pas davantage. Les abords des forêts, aux environs de la ville d'Auckland, m'ont paru plus animés: les gracieux *Toui (Philédon à cravatte)* voltigeaient autour des touffes de *Phormium*; divers Gobe-Mouches, Sylvains, etc., gazouillaient dans les buissons; cependant le nombre des oiseaux était en somme assez petit. Il n'en a pas toujours été ainsi ; du moins, à en croire les premiers navigateurs, les oiseaux étaient très-communs sur tous les points où ils abordèrent. Dans son premier voyage, Cook parle des petits oiseaux qui *remplissaient* les bois de la Baie Dusky (partie S.-O. de l'Ile du Milieu) ; le médecin de la troisième expédition, Anderson, fait la même remar-

bourg, Tôme X, et « *Recherches sur l'origine de quelques végétaux phanérogames observés dans les îles du Grand Océan* », T. XI. 1865. Ces trois notices peuvent donner une idée assez nette des productions de la Nouvelle-Zélande.

(1) *Voyage of a Naturalist round the globe*, 1832 — 1836.

que au Port de la Reine Charlotte (Détr. de Cook). Il paraît, d'après des explorations assez récentes, que le nombre des oiseaux est encore grand dans les endroits où la colonisation n'a pas pénétré et où il n'y a que très-peu d'indigènes ; dans ces localités on trouve des types qui ont complétement disparu des cantons habités par les Européens.

Les espèces néo-zélandaises se retrouvent, plus ou moins, sur les îlots voisins, Chatam, les îles Auckland, Norfolk.

Principales espèces :

Rapaces. — *Falco australis* Hombr. et Jacq. Se voit en grand nombre aux îles Malouines (Darwin) et, selon quelques voyageurs, sur toutes les terres australes. — *Athene (Noctua) N -Zelandiæ* Quoy et Gaim.

Passereaux. — En général différents de ceux des archipels déjà passés en revue ; propres à la Nouvelle-Zélande ? — 1 *Choucari (Graaculus...)*. — 3 *Gobe-Mouches*. — 2 *Rhipidures*. — *Tanagra crassirostris* Gmel. — *Lamprotornis Zelandicus* Quoy et Gaim. — *Prosthemadera N^æ-Zelandiæ* G. R. Gray (*Philédon à cravatte*, *Toui* des naturels).— *Philedon Dumerili* Less. et Garn. — *Ptilotis tincta* Dub. — *Curruca igata* Quoy et Gaim.— *Collocalia...?* — *Anthus N^æ-Zelandiæ* Gmel. ; diffère très-peu de l'Alouette commune d'Europe.— *Parus Zelandicus* Quoy et Gaim. — *Fringilla albiscapa* Less. — *Icterus rufusater* Less. — *Glaucopis cinerea* Lath. — *Sitta punctata* Quoy et Gaim. — *Neomorpha Gouldi* G. R. Gray. — *Halcyon sanctus* Forst. ; *habitat* très-étendu.

Coucous. — *Eudynamis Tahitensis* Sparm. ; rare — *Chalcites lucidus* Gmel. ; le même qu'à la N.-Calédonie ; partie Nord de la N.-Zélande où il me paraît être très-peu commun.

PERROQUETS. — *Psittacus Novæ-Zelandiæ* Sparm. — *Psittacus aurifrons* Less. — *Psittacus terrestris* Shaw (*Perruche ingambe*) — *Nestor meridionalis* Taylor. Ce genre paraît être en voie d'extinction. Il comptait 4 espèces : une de l'Ile du Milieu, *Nestor notabilis* Gould — *Nestor Esslingii* n'est fondé que sur l'exemplaire unique du British Museum — *Nestor productus* Benn., éteint aujourd'hui ; vivait à l'île Philipp, et semblait confiné sur cette terre qui mesure à peine 2 lieues 1/2 dans sa plus grande étendue ; on ne le trouvait pas à l'île Norfolk, distante seulement de deux lieues de l'île Philipp — *Strigops habroptilus* G. R. Gray. La tête a l'aspect de la tête d'un Hibou. Très-rare aux environs des endroits colonisés.

GALLINACÉS.— *Coturnix N^ae-Zelandiæ* G. R. Gray; voisine de l'espèce Néo-Calédonienne. En voie d'extinction.

PIGEONS. — *Carpophaga N^ae-Zelandiæ* Gmel.; magnifique Colombidé.

ECHASSIERS. — *Charadrius obscurus* G. R. Gray. — *Hæmatopus niger* Quoy et Gaim.; se retrouve sur toutes les terres antarctiques ? Plusieurs Hérons — *Bautorus pœcilopterus* G. R. Gray —*Limosa*.... N.-Calédonie ? —*Anarhynchus frontalis* Quoy et Gaim.; remarquable par la disposition de son bec.—*Himantopus N^ae-Zelandiæ* Gould. —*Hypotænidia Philippensis* L.? — 3 autres Ralles, *Notornis Mantelli* Owen, oiseau qu'on ne connaissait qu'à l'état fossile lorsque, en 1850, on en a trouvé un échantillon vivant. —*Porphyrio melanotus* Gmel.

BRACHYPTÈRES et PALMIPÈDES. —*Eudyptila minor* Bonap. (*Petit Manchot vert*) — *Eudyptes antipoda* G. R. Gray. — *Halodroma urinatrix* Bonap. Pointe méridionale de l'Amérique. — Plusieurs espèces d'Albatros : *Diomedæa exulans* L. ; *D. chlororhynchus* Lath. ; *D. fuliginosa* Lath. — *Phalacrocorax glaucus* Hombr. et Jacq. — Trois Cormorans etc.

Toutes ces espèces font penser aux latitudes plus voisines du pôle austral. Il en est de même de grands Stercoraires *(Lestris antarcticus* Less.*)*, de différentes espèces de Mouettes et de Sternes ; cependant parmi ces dernières, il m'a semblé retrouver une belle espèce de la N.-Calédonie et de l'Australie, *Sterna paradisea* Gould. — *Piscatrix candida* Bonap. ?

4 ou 5 Canards, parmi lesquels : *Anas superciliosa* Gmel.; *habitat* très-étendu,— *Anas malacorhynchus* Lath. — *Casarca variegata* Gould.

Pinnatipèdes. — *Podiceps rufipectus* G. R. Gray.

Struthionidés. — *Apteryx* : 4 espèces ?

Cette liste fait voir que la Faune ornithologique de la Nouvelle-Zélande, tout en ayant des caractères particuliers, commence à se ressentir de l'élévation de la latitude. En outre on voit, dans la partie N. de l'archipel, quelques espèces des tropiques, mais elles ne paraissent être représentées que par un petit nombre d'individus.

Quand — dans l'état actuel de nos connaissances — on examine les autres branches de la création animale à la Nouvelle-Zélande, on arrive à cette conclusion que la Faune de cette contrée diffère de celle de la Nouvelle-Hollande et de la Tasmanie beaucoup plus que sa situation en latitude, et sa distance par rapport à ces terres, ne pourraient le faire supposer. Par le manque de Mammifères, le petit nombre d'Oiseaux (*terrestres*), la pénurie en Reptiles, le nombre restreint des Insectes et la prédominance de quelques-uns de ces derniers, elle semble se rapprocher davantage des archipels du Pacifique plus voisins de l'Equateur. Dans ses études sur la Faune des régions australes, M. Alph. Milne-Edwards arrive aux mêmes conclusions à propos de la Nouvelle-Zélande (1).

(1) *Revue Scientifique*, 9 janvier 1875.

Il montre que, si, dans ces parages, les animaux *marins* sont identiques, pour la plupart, à ceux des autres parties de l'Océan Austral, les animaux *terrestres* sont, au contraire, presque tous différents de ceux qui ont été observés ailleurs. Il appelle l'attention sur certains faits qui lui paraissent indiquer qu'à une époque peu éloignée de la période actuelle, non seulement les trois parties de la Nouvelle-Zélande communiquaient entre elles, mais que des terres, aujourd'hui disparues sous les eaux, les reliaient plus ou moins directement à quelques îles de la Polynésie, tandis qu'aucune communication de ce genre ne semble avoir existé entre la Nouvelle-Zélande et l'Australie, l'Amérique et l'Ancien Continent, depuis l'époque où les Mammifères ont commencé à se montrer dans ces diverses contrées.

Il me semble que l'examen des diverses productions naturelles, dans les différents archipels océaniens, pourrait amener à des remarques analogues. J'ai essayé de montrer comment étaient répartis les oiseaux sur quelques-unes de ces terres : cette énumération, incomplète quoique longue et fastidieuse, mais qu'il était, il me semble, nécessaire de donner, pour préciser les Faunes locales, permet déjà de constater les faits suivants :

La Faune ornithologique, relativement riche et variée sur les terres occidentales de l'Océanie tropicale, perd de sa richesse et de sa variété à mesure qu'on s'avance vers l'Est, jusqu'à devenir très-pauvre sur les îles situées à l'extrémité orientale de la Polynésie;

Les différents archipels ont chacun une Faune ornithologique qui, à première vue, paraît locale, particulière ; mais en y regardant de plus près, on reconnaît des espèces communes aux divers groupes d'îles, ou bien ne présentant que des différences tellement minimes qu'il est

permis de voir là des variations locales, quelquefois individuelles, plutôt que des différences spécifiques ;

Certains genres et certaines espèces se retrouvent sur la plupart des îles, quelquefois à des distances considérables;

L'archipel Hawaii (Iles Sandwich), situé à la limite du Tropique, à l'extrémité N.-E. de l'Océanie, a une Faune ornithologique présentant, il est vrai, quelques traits communs avec celle des archipels voisins de l'Équateur, mais ayant un caractère bien particulier : on y retrouve entre autres des espèces voisines de types européens, sinon les mêmes.

A l'autre extrémité de l'Océanie, au S.-O., la Nouvelle-Zélande montre des espèces terrestres qui lui paraissent propres, et quelques-unes des îles tropicales, même des îles Sandwich, ou ne présentant, avec des espèces de ces îles, que des différences insensibles, malgré une distance de 1,500 lieues.

N'y a-t-il pas à tirer de ces faits quelques indices relatifs aux origines océaniennes?

Cherbourg, février 1879.

NOTE *A*.

On voit aux Iles des Navigateurs un singulier Pigeon, *Didunculus strigirostris*] G. R. Gray, remarquable par son grand bec, fortement crochu à l'extrémité comme le bec d'un oiseau de proie; la mandibule inférieure porte, de chaque côté, trois dents qui se logent dans des échancrures correspondantes à la mandibule supérieure; Plumage sombre, taille et forme d'un pigeon ordinaire (Brenchley, *Cruise of H. M. S.* Curaçoa, 1873.

NOTE *B.*

Les naturels d'*Erromango*, une des *N.-Hébrides*, donnent des noms à 60 oiseaux, parmi lesquels : deux Falconidés, un Hibou, une Hirondelle, quatre Pigeons, un Canard (Brenchley, id.).

NOTE *C.*

Dans l'ouvrage de M. Brenchley, *Cruise of H. M. S.* Curaçoa, *in 1865*, Londres 1873), les espèces suivantes, appartenant aux *Iles Salomon*, sont figurées : *Astur albo-gularis* G. R. Gray. — *Collocalia hypoleuca* G. R. Gray. — *Eurystomus crassirostris* Sclater. — *Philemon Sclateri* G. R. Gray. — *Lorius hypoïnochrous* G. R. Gray. — *Carpophaga Brenchleyi* G. R. Gray. — *Macropygia crassirostris* G. R. Gray. — *Megapodius Brenchleyi* G. R. Gray (jeune individu).

QUELQUES MOTS

SUR

LA FAUNE ICHTHYOLOGIQUE

DE LA CÔTE NORD-EST D'AUSTRALIE ET DU DÉTROIT DE TORRES,
COMPARÉE A CELLE DE LA NOUVELLE-CALÉDONIE

PAR

M. Henri JOUAN

Il y aura tout à l'heure dix-huit ans, au commencement de 1861 j'adressais à la Société des Sciences Naturelles de Cherbourg, de la Nouvelle-Calédonie où j'étais depuis huit mois, les descriptions de 98 poissons de cette île. Ces notes parurent dans le Tome VIII des Mémoires de la Société publié cette année là; diverses rectifications et additions, insérées dans le Tome IX (1863), portèrent le nombre des espèces observées à 125. Privé du secours d'ouvrages d'Ichthyologie récents, et même de livres anciens un peu complets, je n'avais guère pu reconnaître que les genres, et encore quelquefois avec doute. Aurais-je eu qualité pour imposer des noms spécifiques aux poissons néo-calédoniens que je m'en serais abstenu

pour ne pas être exposé à donner des appellations nouvelles à des espèces déjà nommées et augmenter ainsi la confusion de la synonymie : je m'étais contenté de lss décrire le mieux possible. Sur ces descriptions, le colonel Bleeker, auquel on doit tant de beaux travaux sur l'Ichthyologie des Indes Néerlandaises, avait pu reconnaître des genres et même des espèces de ces parages, et moi-même, plusieurs années après, je retrouvais à la côte méridionale de la Chine, à Hong-Kong, à plus de 1200 lieues de distance dans un autre hémisphère, une partie des espèces que j'avais vues à la Nouvelle-Calédonie (1).

Il est acquis, du reste, que la zône intertropicale du Grand Océan, principalement dans sa partie occidentale, et l'Océan Indien jusqu'aux côtes orientales de l'Afrique, constituent une vaste province dans laquelle on remarque une grande analogie de formes, et même des espèces identiques, dans les diverses classes d'animaux marins. Pendant mon séjour à la Nouvelle-Calédonie, la lecture d'un travail de mon savant ami, le R. P. Montrouzier, sur la petite île de *Woodlark* (2), située sous le 7e parallèle austral, à 400 lieues dans le N.-O. de la Nouvelle-Calédonie, m'avait montré une très-grande analogie entre les poissons des deux localités. Une nouvelle preuve que les nombreuses îles répandues à proximité les unes des

(1) *Notes sur quelques poissons de mer observés à Hong-Kong*, par M. H. Jouan, Mém. de la Soc. des Sci. nat. de Cherbourg, T. XIII, 1868.

(2) *Essai sur la Faune de l'Ile* Woodlark *ou* Moiou, *par le* P. Montrouzier, 1857, publié dans les «*Annales de la Soc. d'Agriculture, d'Hist. nat. et Arts utiles de Lyon*. La partie ichthyologique est accompagnée de notes, quelquefois plus étendues que le texte, par M. Victor Thiollière, de cette Société.

autres, depuis le Sud de la Chine jusques dans le Nord et dans l'Est de l'Australie, sont les anneaux d'une chaîne rattachant la Faune Ichthyologique Néo-Calédonienne à la Faune Indo-Pacifique, semble bien ressortir des observations faites, dans le courant de 1875, pendant la croisière du « *Chevert* » au Détroit de Torres et à la côte Sud de la Nouvelle-Guinée.

Le « *Chevert* », parti de Sydney (Australie), emportait MM. William Macleay, Masters, Brazier et deux aides. Ces noms, le premier surtout, garantissent les observations faites. L'expédition dura cinq mois, mais, par suite de contrariétés de navigation, il faut réduire à deux mois le temps consacré d'une manière efficace aux recherches d'histoire naturelle. Les explorateurs en ont déjà inséré, en partie, les résultats dans le premier volume des « *Proceedings of the Linnean Society of New-South-Wales* », publié à Sydney en 1877 (1).

La collection des poissons rapportés par M. Macleay compte environ 800 individus, la plupart de la côte N.-E. de l'Australie. Ce ne fut qu'avec peine qu'on put en recueillir à la Nouvelle-Guinée : les coraux empêchaient de se servir de la seine ; la pêche à la ligne ne donnait que des résultats médiocres ; les naturels prenaient pourtant du poisson, mais ils ne se défaisaient que difficilement de ce qui pouvait se manger. D'après M. Macleay, les *Squales* et les *Raies* sont de beaucoup les poissons les plus communs dans le Détroit de Torres. Les *Siluridés* paraissent être bien

(1) La *Société Linnéenne de la Nouvelle Galles du Sud* a tenu sa première séance à Sydney, sous la présidence de M. Macleay, le 25 janvier 1875.

représentés sur les côtes vaseuses de la Nouvelle-Guinée. Des *Labridés*, ornés des plus belles couleurs, abondent partout au milieu des récifs. Parmi les Percoïdes, les *Pristipomatidés* sont les plus répandus, les *Squammipennes* également très-nombreux. M. Macleay signale un *Naseus* (je n'ai pas vu ce genre représenté à la Nouvelle-Calédonie), des *Echeneis* de grande taille, et un *Muge*, très-commun auprès du Cap York et qui est un manger délicat.

Deux articles (*Proceed of the Linn. Soc. of. N.-S. W.*, T. I. p. 261 et p. 321) sont consacrés à l'énumération et à la description, par MM. Haynes Gibbes Alleyne et William Macleay, des poissons rapportés par le « *Chevert* » des environs du Cap York, du détroit de Torres et de la côte Sud de la Nouvelle-Guinée, parages éloignés de 400 à 450 lieues de la Nouvelle-Calédonie. Des planches *en noir* représentent les espèces considérées comme *nouvelles*. Le premier coup d'œil jeté sur ces planches me fit reconnaître une grande analogie avec la Faune Ichthyologique Néo-Calédonienne et la lecture du texte confirme cette première idée. Dans la liste des 145 poissons (1) donnée par les deux auteurs je retrouve beaucoup de formes de la Nouvelle-Caléonie, et sensiblement dans les mêmes proportions. Les espèces considérées comme *nouvelles* sont seules décrites, les *anciennes* sont simplement données avec leur synonymie. Parmi ces dernières, j'en reconnais un certain nombre que j'ai signalées à la Nouvelle-Calédonie et à Hong-Kong, et il est probable que ce nom-

(1) Les Requins et les Raies, que M. Macleay dit être très-nombreux dans le détroit de Torrès, ne figurent pas dans cette liste. A la Nouvelle-Calédonie, j'ai vu des Squales des genres *Requin*, *Milandre* et *Marteau* ; les Raies m'ont paru y être très-peu communes.

bre serait augmenté par un examen plus approfondi; il y aurait à rechercher dans les ouvrages d'Ichthyologie si quelques-unes de mes descriptions de poissons néo-calédoniens ne se rapportent pas à des espèces déjà connues. Il n'est pas besoin de dire que ces recherches seraient longues à faire, et, dans le moment actuel, je n'ai ni le loisir, ni la possibilité de m'y livrer.

MM. Alleyne et Macleay décrivent un certain nombre d'espèces comme *nouvelles*; en comparant leurs descriptions avec quelques-unes des descriptions que j'ai données *il y a dix-huit ans,* on reconnaît une très-grande ressemblance avec des espèces néo-calédoniennes, parfois une *identité* complète; je citerai : 1° un Scléroderme, *Monacanthus Cheverti* (n° 141, planche XVII, fig. 3 du 1^er^ vol. des *Proceed of the Linn. Soc. of. N. S. W.* qui n'est autre que le *Baliste* décrit sous le n° 7 dans les « *Notes sur quelques poissons de la Nouvelle-Calédonie*, Mém. de la Soc. des Sci. nat. de Cherbourg, T. VIII, 1861 ». Il n'y a pas de doute possible : on dirait que les deux descriptions ont été copiées l'une sur l'autre.

Les autres espèces *nouvelles*, qui me paraissent d'après les descriptions, en général assez succinctes, de MM. Alleyne et Macleay, avoir été rencontrées à la N.-Calédonie, seraient les suivantes :

2° **Ichthyocampus maculatus**, n° 137, pl. XVII, fig. 2, serait le deuxième *Syngnathe* décrit dans le « *Supplément à la description des poissons de la Nouvelle-Calédonie* », Mém. de la Soc. des Sci. Nat. de Cherbourg, T. IX, 1863.

3° Le **Blennie**, décrit sous le n° 21 dans le Tôme VIII de nos Mémoires (*Kuasut* des naturels de Woodlark

d'après le P. Montrouzier, *Salarias rotundifrons* Thiollière *ex* Montr.?) est, ou le *Salarias lineolatus* Alleyne et Macleay, *sp. nov.*, n° 84, pl. XIII, fig. 2, ou le *Salarias fasciatus* Cuv. et Val. qui ressemble beaucoup au *Blennius gattorugine* de nos côtes.

4° **Gerres bispinosus**, *sp. nov.*, recueilli à Hall Sound (Nouvelle-Guinée), n° 33, fig. 3, pl. VII, ne me paraît pas différer du poisson décrit n° 40, T. VIII de nos Mémoires.

5° **Serranus carinatus**, *sp. nov.*, n° 8, pl. IV, fig. 3. N'est-ce pas le *Plectropoma Kulas* Montr. (*Faune de Woodlark*, *Loche* des Français de la Nouvelle-Calédonie), n^{os} 63, 64, T. VIII ?

6° **Caranx edentulus**, *sp. nov.* — n° 63, pl. XI, fig. 2. La même espèce que le n° 81, Tôme VIII. — Se retrouve à Hong-Kong (Chine)?

7° **Mugil delicatus**, *sp. nov.* — N° 101, pl. XV, fig. 1. Le même, sans doute, que le n° 95. Tome VIII, *Mugil tegobuan* Montr. (*Faune de* Woodlark). Hong-Kong (Chine)?

Parmi les espèces déjà connues, signalées par MM. Alleyne et Macleay, qu'on retrouve à la Nouvelle-Calédonie, je citerai :

1° **Conger marginatus** Val.

2° **Murœnophis variegata** Richardson.

3° **Fierasfer Homei** Richardson ? Deux individus

vomis par une Holothurie, très-probablement les mêmes que le n° 18, Tome VIII des Mém. de la Soc. des Sci. Nat. de Cherbourg.

4° **Echeneïs naucrates** L. — MM. Alleyne et Macleay donnent une longue synonymie due à la grande diversité d'aspect que présentent ces poissons remarquables, suivant leur âge et aux différentes époques de leur croissance. *E. vittata* Rüpp. se rapporterait au n° 22, Tome VIII.

5° **Trachinotus rhomboïdes** Cuv. et Val., n° 33, Tome VIII ?

6° **Amphiprion percula** Cuv. et Val. — Tome IX, « *Animaux observés à la Nouvelle-Calédonie etc., Poissons*, n° 20. » — Hong-Kong (Chine).

7° **Therapon servus** Cuv. et Val. — Nouvelle-Calédonie, Hong-Kong, Madagascar, etc., etc.

8° **Teuthis vermiculata** Cuv. et Val. — Probablement le même que le n° 85, Tome VIII.

9° La **Belone** signalée Tome VIII, n° 91, est sans doute **Belone melanotus** Bleeker, des Indes Néerlandaises.

10° L'**Hemiramphus,** Tome VIII, n° 92, se rapporte à une des espèces signalées par MM. Alleyne et Macleay, *H. marginatus* Forsk., *H. Commersonii* Val.

11° **Arius thalassinus** Rüpp. est le même, sans doute, que le n° 93, Tome VIII, qu'on retrouve à Hong-Kong, dans la mer Rouge, aux I. Séchelles, etc.

12° **Clupea Dorab** Forsk. — N° 96, Tome VIII.

Ainsi que je le disais plus haut, il serait très-possible, très-probable même, qu'un examen plus attentif des autres espèces que j'ai signalées à la Nouvelle-Calédonie, principalement dans les genres Chétodon, Serran, Holocentre, Labre, Scare, Sillago, Sphyrène etc., en fit rapporter quelques-unes, la plus grande partie peut-être, à des espèces énumérées par MM. Alleyne et Macleay, mais je crois en avoir dit assez pour montrer l'analogie qui existe entre la Faune Ichthyologique de la Nouvelle-Calédonie et celle des parages visités par le « *Chevert* ».

Cherbourg, janvier 1879.

NOTE

RELATIVE AUX OBJETS DÉCOUVERTS DANS LES FOUILLES DE LA BATTERIE NEUVE DE NACQUEVILLE, EN SEPTEMBRE 1878,

PAR

M. A. DELAMBRE,

Chef de bataillon, Chef du Génie.

Dans le courant du mois de septembre dernier, le service du Génie fit exécuter à l'extrémité Est de la nouvelle batterie qu'il construit à Nacqueville une tranchée destinée à recevoir les fondations d'un petit bastionnet d'angle. La tranchée était exécutée dans une partie de la plage dont l'altitude est actuellement un peu inférieure au niveau des hautes mers de vives eaux. Le terrain en cet endroit est formé d'une couche de sable fin analogue à celui qui forme toute la dune environnante, et présente une épaisseur de 1^m 40 environ ; au-dessous, on rencontre un sol argileux à surface tourbeuse auquel on donne ici le nom de poumon, et, à une profondeur variant de 1^m 00 à 1^m 50, le rocher schisteux.

C'est au fond de la tranchée coffrée qu'on avait établie pour maintenir le sable et dans un espace qui mesurait environ 2^m 00 carrés, que les ouvriers découvrirent, à la surface de la couche argileuse, un amas assez considérable de coquillages, des ossements divers, la tête d'un pieu brisé, et quelques objets qu'on fit enlever soigneusement avec la pensée qu'ils pourraient offrir quelqu'intérêt au

point de vue archéologique, et qu'ils seraient bien placés dans les collections de la ville.

Voici la description sommaire des objets découverts: La partie inférieure d'un pieu, appointi et carbonisé ; son état de conservation était parfait au moment où il a été mis au jour, il avait 0^m 15 environ de diamètre et 0^m 70 de longueur. Depuis il s'est fort détérioré au contact de l'air, faute par nous de l'avoir plongé immédiatement dans une dissolution bouillante d'alun, procédé de conservation que nous ne connaissions pas et qui nous a été indiqué depuis par M. Kerviller.

Des ossements divers, qui paraissent appartenir au bœuf, au mouton et au cerf ; un fragment de frontal de cerf porte la base d'une corne qui a été sciée nettement à la couronne. Un autre fragment paraît avoir été également scié, mais dans le sens longitudinal. Les débris de mâchoires de mouton figurent en assez grand nombre dans les ossements découverts. Au milieu de ces débris se trouva une meule en pierre, parfaitement intacte et complète, mâle et femelle, du modèle qu'on rencontre le plus généralement d'ailleurs. Elle a 0^m 40 de diamètre avec un bombement de 0,46 environ. Le trou central creusé dans la pierre pour recevoir l'axe a 0,055 de diamètre et 0,045 de profondeur. La pierre supérieure a conservé parfaitement intacte l'entaille du levier.

Enfin, parmi les coquillages qui étaient des espèces les plus communément répandues sur la côte et qu'on n'a point conservés, on trouva deux débris de poterie noire, un fond et un bord d'un vase d'une moyenne dimension et plusieurs anneaux en pierre, ou plutôt un anneau complet et cinq morceaux provenant de cinq anneaux ou disques percés, de différentes grandeurs. L'anneau complet est assez épais, 0,024 environ avec 0,075

de diamètre extérieur et 0,027 de vide au trou central. 4 autres sont au contraire absolument plats sur uue face et leur épaisseur varie de 0,007 à 0,015 avec des diamètres de 0,10 à 0,13 extérieurement et de 0,055 à 0,066 au vide. Le dernier enfin a un caractère tout particulier, il est de section à peu près octogonale, mince, poli et le vide central est de 0,08 de diamètre environ pour une épaisseur de 0,01 seulement de pierre conservée. Ces anneaux ou disques percés sont taillés tous dans la pierre ardoisière du pays. Une particularité qui mérite d'être signalée est que le vide dans tous ces anneaux, sauf dans l'anneau mince obtenu par une série de coups donnés obliquement avec une sorte de ciseau dont on pourrait presque déterminer la largeur de lame, forme un biseau très-aigu et qui n'est nulle part émoussé. Dans l'anneau entier et épais, l'ouvrier a produit l'évidement en attaquant successivement les deux faces et le biseau se trouve au milieu de l'épaisseur.

Nous aurions vivement désiré pouvoir déterminer approximativement l'époque à laquelle devaient remonter les objets découverts et en déterminer l'usage ; très-peu versé dans la science archéologique, nous avons consulté quelques ouvrages et notamment celui assez récent de John Evans et nous avons demandé des renseignements à M. Kerviller, mais nous n'avons pu obtenir satisfaction complète. La présence de la meule montre que ces objets ne remontent pas à une très-haute antiquité ; la poterie formée d'un mélange d'argile et de sable fin a été faite sur le tour, les deux nervures qui en ornent le bord supérieur, quoique grossières, sont régulièrement poussées ; les bois de cerf ont été sciés nettement ; enfin les anneaux de pierre ont été percés évidemment avec un outil de métal ; tout cela indique donc des moyens assez

complets et un outillage assez perfectionné. Cependant le niveau auquel tout cet ensemble d'objets a été découvert semble prouver qu'ils ont été disposés ou abandonnés à une époque antérieure à la formation de la dune actuelle de Nacqueville, car si l'on pouvait admettre que des objets lourds comme la meule ou même comme les anneaux de schiste ont peu à peu descendu lors des mouvements que la mer imprimait au sable, il n'en eût pas été de même pour la masse considérable des coquillages agglomérés sur ce point. Les bois de cerf découverts il y a quelques années à une petite distance de l'endroit où la dernière fouille a été pratiquée, ont du reste été trouvés également à une assez grande profondeur et doivent être considérés comme provenant de l'existence sur ce point d'une même station habitée d'une manière permanente ou régulièrement fréquentée et peut-être l'une de ces stations que les populations scandinaves eurent longtemps sur toutes les côtes de la Manche. Malheureusement nous ne pouvions, pressés que nous étions par la nécessité d'exécuter le travail pendant la morte eau, étendre les fouilles, de sorte qu'il nous a été impossible de savoir si le pieu unique découvert était un pieu isolé destiné à amarrer des embarcations ou s'il faisait partie d'un système de pilotis formant la base d'une construction quelconque, ce qu'il eût été fort intéressant de déterminer. Nous avons également en vain cherché à déterminer l'usage auquel pouvaient être destinés les anneaux de pierre. On a trouvé déjà sur divers points, soit en Angleterre, soit en France, des anneaux de pierre, et les archéologues sont à peu près d'accord pour désigner les plus petits comme des pesons de fuseaux, mais ils ne savent quel usage assigner aux plus grands. On emploie encore aujourd'hui dans l'archipel des pierres percées comme poids pour les

filets, mais la légèreté extrême du schiste ardoisier ne permettrait guère de penser que les anneaux que nous venons de décrire fussent employés de cette manière et la grandeur même du vide en exclut l'idée, aussi bien que celle qu'ils aient pu servir de pesons de fuseaux. Le peu de solidité de la matière semble également exclure la possibilité de leur emploi comme anneaux d'amarrage, et d'ailleurs les biseaux sont conservés de telle sorte qu'on ne voit aucune trace d'usure. L'un d'eux pourrait éveiller l'idée d'un ornement, bracelet de jambe par exemple, mais les autres ont un biseau tellement aigu que passés au bras ou à la jambe ils formeraient un ornement fort désagréable. Nous renonçons donc à avancer à leur sujet aucune hypothèse et nous nous bornerons, en offrant ces quelques objets à la Société des sciences naturelles de Cherbourg, à les laisser comme des éléments d'étude et de comparaison pour ceux qui, rassemblant un jour des documents plus complets, pourront établir et leur origine exacte et leur destination.

Cherbourg, 8 novembre 1878.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE

OUVRAGES REÇUS PAR LA SOCIÉTÉ

de Juin 1877 à Décembre 1878

§ 1er. — *Ouvrages donnés par le Gouvernement.*

Ministère de l'Instruction publique. — Revue des Sociétés savantes des Départements, 6e série, IV, 1876; V et VI, 1877. 8°. — Journal des Savants, Janvier à Novembre 1878. 4°. — Comité des Travaux historiques et des Sociétés savantes. Liste des membres. Instructions. Liste des Sociétés etc. 1877. 8°.

Ministère de la Marine. — Revue maritime et coloniale, VII à LIX, 1869-1878. (nos 25 à 77, 79 à 82, 84 à 194, 196 à 207). 8°. — Table alphabétique et analytique des matières contenues dans les 24 volumes de la Revue maritime et coloniale de 1861 à 1868, et dans les 3 volumes de la Revue algérienne et coloniale de 1859 et 1860. Paris 1870. 8°.

Voyage autour du Monde, etc. exécuté sur les corvettes de S. M. l'Uranie et la Physicienne, pendant les années 1817, 1818, 1819 et 1820, par Louis de Freycinet. Navigation et Hydrographie, 2 vol. 4° et atlas pl°. 1826. — Magnétisme terrestre, 1 vol. 4°. 1842. — Météorologie, 1 vol. 4°. 1844.

Voyage de découvertes de l'Astrolabe, exécuté pendant les années 1826, 1827, 1828 et 1829, sous le commandement de J. Dumont-d'Urville. — Observations nautiques, météorologiques, hydrographiques et de physique, 1 vol. 4°. 1833. — Philologie par Dumont-d'Urville, 2 vol. 4°. 1833-34. — Botanique, atlas, 1 vol. pl°. 1833. — Zoologie, atlas, 2 vol. pl°. 1833.

Voyage en Irlande et au Groënland exécuté pendant les années 1835 et 1836 sur la corvette La Recherche, commandée par M. Tréhouart. Journal du voyage par Eugène Méquet. 8° Paris 1852.

Voyages de la Commission scientifique du Nord, en Scandinavie, en Lapponie, au Spitzberg et aux Feröe, pendant les années 1838, 1839 et 1840, sur la corvette La Recherche, commandée par M. Fabvre, publiés sous la direction de M. Paul Gaimard. Histoire de la Scandinavie, par Xavier Marmier. 1 vol. 8°. — Astronomie et Hydrographie. 1 vol. 8°. — Magnétisme terrestre. 3 vol. en 6 parties. 8°. — Aurores boréales. 2 vol. 8°. — Météorologie, 3 vol. en 5 parties. 8°. — Géologie, minéralogie et métallurgie, par Eug. Robert. 2 vol. 8°. — Atlas de physique, pl°. — Atlas de zoologie : (Oiseaux, Poissons, Crustacés). pl°. — Atlas historique et pittoresque. pl°.

Voyage au Pôle Sud et dans l'Océanie sur les corvettes l'Astrolabe et la Zélée, exécuté pendant les années 1837, 1838, 1839 et 1840, sous le commandement de M. J. Dumont-d'Urville. — Hydrographie, par Vincendon-Dumoulin, 2 vol. 8°. 1843-51. — Anthropologie par le Dr Dumoutier, 1 vol. 8° et atlas pl°. 1842-1854. — Zoologie, par Hombron et Jacquinot, 5 vol. 8° et atlas pl°. 1842-1854. — Géologie, Minéralogie et Géographie physique du Voyage, 2 vol. 8°. 1848-1854. — Atlas de Géologie, pl°. 1847.

Voyage autour du Monde exécuté sur la corvette La Coquille, pendant les années 1822, 1823, 1824 et 1825 par L. J. Duperrey. — Hydrographie, 1 vol. 4° et atlas pl°. 1827-1829. — Partie historique. 4°. — Histoire du voyage, atlas pl°. 1825. — Atlas de Botanique, pl°.

Voyage autour du Monde exécuté pendant les années 1836 et 1837 sur la corvette La Bonite, commandée par M. Vaillant. — Relation du Voyage par A. de la Salle, 3 vol. 8°. 1845-1852. — Géologie et Minéralogie, par E. Chevalier. 1 vol. 8°. 1844. — Botanique, Introduction par Gaudichaud, 2 vol. 8° et atlas pl°. 1851. — Explication et description des planches de l'Atlas, par Charles d'Alleizette, 1 vol. 8°. 1866. — Cryptogames cellulaires et vasculaire, par Montagne, Léveillé et Spring. 1 vol. 8°. 1844-1846. — Zoologie, par Eydoux et Souleyet, atlas pl°.

Voyage autour du Monde sur la frégate La Vénus, pendant les années 1836-1839, par Abel du Petit-Thouars. — Phy-

sique, par de Tessan, 5 vol. 8°. 1842-1844. — Zoologie, 1 vol. 8°. 1855. — Atlas de Zoologie et de Botanique, pl°.

Ministère des Travaux publics. — Enquête sur les moyens d'assurer la régularité et la sûreté de l'exploitation sur les chemins de fer. 1 vol. 4°. 1858. — Statistique centrale des chemins de fer. Documents financiers. 1 vol. 4°. 1868. — Répertoire méthodique de la législation des chemins de fer, indiquant les dispositions législatives et réglementaires insérées au Bulletin des Lois. 1 vol. 4°. 1870. — Documents relatifs à la construction et à l'exploitation des chemins de fer. 1 vol. 4°. 1872. — Conditions techniques d'établissement des chemins de fer. 1 vol. 4°. 1865. — Chemins de fer de l'Europe. Recettes comparatives des années 1862 et 1861. 1 vol. 4°. 1864. — Commission d'enquête sur les chemins de fer. Rapports de MM. Lan, Moussette et Bergeron (mission en Angleterre) et de M. Dubocq (mission en Allemagne). 1 vol. 4°. 1862. — Voie. Matériel roulant et exploitation technique des chemins de fer. Traction. 1 vol. 8° et Atlas 4°. 1873. — Etudes sur les inondations de la Garonne. Rapport f° lith. — Question des houilles. Mission de M. de Ruolz en France et en Angleterre. 4 vol. 8°. 1872-1875. — Phares et balises. Etats de l'éclairage et du balisage des côtes de France au 1er Janvier 1872 ; id. au 1er Janvier 1876. 2 vol. 8°. 1872-1876. — Exposition universelle de 1867 à Paris. Travaux publics et constructions civiles. Rapports du Jury internationnal. 1 vol. 8°. 1868. — Carte des chemins de fer français comprenant les lignes qui font l'objet du projet de loi du 4 juin 1878. pl°. — Carte des principales voies de communication de la France, dressée au Dépôt des cartes et plans du Ministère de l'agriculture, du commerce et des travaux publics, d'après les renseignements produits par les ingénieurs des ponts-et-chaussées, 1861, revue en 1878, 6 cartes pl°. — Carte figurative du tonnage des rivières, canaux et ports de la France, en 1876. pl°. — Carte figurative du tonnage des routes nationales de la France en 1876. pl°.

Ministère de l'Agriculture et du Commerce. — Exposition universelle de 1851. Travaux de la Commission française sur l'industrie des nations. I, 6e et 7e parties. 2 vol. 1864-1867. 8°. — Expositions internationales : Londres 1871. France. Commission supérieure. Rapports 1872. 4°. — Expositions internationales de Londres 1872. France. Com-

mission supérieure. Rapports. 1873. 4°. — Exposition internationale. Londres 1874. France. Commission supérieure. Rapports. 1875. 4°. — Exposition universelle de Vienne en 1873. France. Commission supérieure. Rapport I à V. 5 vol. 1875-1876. 4°. — Exposition universelle de Vienne. France. Produits industriels. 2e édition. 1 vol. 1873. 8°. — Exposition universelle de Vienne. Notice sur les objets exposés par la Direction de l'Agriculture. 1 vol. 1873. 8°. — Cartes, plans, dessins, documents historiques et statistiques exposés à Vienne en 1873 par le ministère de l'Agriculture et du Commerce. Atlas pl°. 1873. — Exposition internationale et universelle de Philadelphie. France. Commission supérieure. Rapports. 1 vol. 4°. 1877. — Expositions internationales. Philadelphie 1876. France. Œuvres d'art et produits industriels. 1 vol. 8°. 1876. — Statistique de la France, nouvelle série. Statistique annuelle. IV. Année 1874. 1 vol. 4°. 1877. — Annuaire statistique de la France, 1re année 1878. 1 vol. 8°. 1878.

Le Phylloxera. Commission départementale de l'Hérault de la maladie de la Vigne caractérisée par le Phylloxera. Rapport de la Commission sur les expériences qui ont été renvoyées à son examen par S. Exc. M. le Ministre de l'Agriculture et du Commerce. 1873. 8°. — Commission départementale de l'Hérault pour l'étude de la maladie de la Vigne. Expériences faites à Las Sorres près Montpellier. Résultats pratiques de l'application de divers procédés présentés aux concours des prix de 20,000 et de 300,000 francs proposés par le Gouvernement pour la conservation des vignes phylloxérées et leur reconstitution. Montpellier 1877. 8°. — Comités d'études et de vigilance. Rapports et documents, 1re année 1877. 8°. — Expériences faites à la station viticole de Cognac, dans le but de trouver un procédé efficace pour combattre le Phylloxera. 1876. 4°. — Submersion des vignes. Visite de la Commission de l'Hérault au domaine de M. Faucon, à Gravèson. 1876. 8°. — Le Phylloxera dans le département de la Gironde. 1876. 4°.

Statistique internationale de l'Agriculture, rédigée et publiée par le service de la Statistique générale de France. 1876. 4°.

Annales du Commerce extérieur. Janvier à août, octobre et novembre 1878. (nos 2112 à 2136, 2140 à 2146). 8°.

§ 2e. — *Publications des Sociétés correspondantes*

France.

Abbeville. *Société d'Emulation.* — Mémoires, 3e série, II. (1873 à 1876). 1878. 8°.

Agen. *Société d'agriculture, sciences et arts.* — Recueil des travaux, 2e série, V, 1877. 8°.

Alger. *Société des sciences physiques, naturelles et climatologiques.* — Bulletin, XIII (2e et 3e trim.). 1877. 8°.

Amiens. *Société linnéenne du Nord de la France.* — Mémoires, IV (1874-1877). 1877. 8°. — Bulletin mensuel, nos 61 à 75. 1877-1878. 8°.

Angers. *Société académique de Maine-et-Loire.* — Mémoires, XXXIII et XXXIV, 1878. 8°.

Angers. *Société industrielle et agricole d'Angers et du département de Maine-et-Loire*, XLVIII (3e série, 18e année) 1er 2e trim. 1877. 8°.

Angers. *Société d'études scientifiques.* — Bulletin, 4e et 5e années (1874-1875); 6e et 7e années (1876-1877) 1er fascicule. 1876-1878. 8°.

Annecy. *Société florimontane.* — Revue savoisienne, 18e année (nos 6 à 12); 19e année (nos 1 à 11). 1877-1878. 4°.

Auxerre. *Société des sciences historiques et naturelles de l'Yonne.* — Bulletin, XXXI (1er et 2e sem.) 1877; XXXII (1er sem.) 1878. 8°.

Besançon. *Société d'émulation du département du Doubs.* — Mémoires, 5e série, I et II. 1876-1877. 8°.

Beziers. *Société d'étude des sciences naturelles.* — Bulletin, 1re et 2e années, 1876-1877. 8°.

Bordeaux. *Académie des sciences, belles-lettres et arts.* — Séance publique du 26 août 1820. 8°. — Actes, II (1er trim.). 1840 ; III (3e et 4e trim.) 1841 ; IV (1er trim.) 1842 ; V (2e et 3e trim.) 1843 ; VI (1er à 4e trim.) 1844 ; VII (1er à 4e trim.) 1845 ; VIII (1er à 4e trim.) 1846 ; X (4e trim.) 1848 ; XXVI (1er trim.) 1864 ; XXXVI, 1874 ; XXXVII, 1875. 8°.

Bordeaux. *Société Linnéenne.* — Actes, 4e série, I (livr. 3 à 6(1877 ; II (livr. 1 et 2) 1878. 8°.

Bordeaux. *Société des sciences physiques et naturelles.* — Mémoires, 2e série, II (livr. 1 à 3) 1877-1878. 8°.

Bordeaux. *Institut des Provinces.* — Chronique des Sociétés savantes de France, 3e série, 1877 (nos 12 à 22); 1878 (nos 1 à 5). 8°.

Caen. *Académie des sciences, arts et belles-lettres.* — Mémoires, années 1877, 1878. 8°.

Chalons. *Société d'agriculture, commerce, sciences et arts du département de la Marne.* — Mémoires, 1875-76. 8°.

Clermont-Ferrand. *Académie des sciences, belles-lettres et arts.* Mémoires, XVIII. 1876. 8°.

Dijon. *Académie des sciences, arts et belles-lettres.* — Mémoires, 3e série, IV. 1877. 8°.

Grenoble. *Société de statistique, des sciences naturelles et des arts industriels du département de l'Isère.* — Bulletin, 3e série, VII. 1878. 8°.

La Rochelle. *Académie. Section des sciences naturelles.* — Annales, XIII, 1876 ; XIV, 1877. 8°.

Le Havre. *Société des sciences et arts agricoles et horticoles.* — 12e Bulletin. 1877. 8°.

Lille. *Société des sciences, de l'agriculture et des arts.* — Mémoires, 3e série, XIV, 1874; 4e série, III et IV, 1877-1878. 8°.

Lyon. *Académie des sciences, belles-lettres et arts.* — Mémoires, Classe des sciences, XXII, 1876-77. Classe des lettres, XVII, 1876-77. 8°.

Lyon. *Société d'agriculture, histoire naturelle et arts utiles.* — Annales, 4e série, VIII, 1875. 8°.

Lyon. *Societé Linnéenne.* — Annales, XXIII, 1876. 8°.

Lyon. *Société d'agriculture pratique du Rhône.* — Pomologie de la France, ou Histoire et description de tous les fruits cultivés en France et admis par le Congrès pomologique, I à VI. 1863-1869. 8°.

Macon. *Académie.* — Annales, I à IV (1re partie), V, VI, VIII à XV. 1853-1877. 8°.

Marseille. *Académie des sciences, belles-lettres et arts.* — Mémoires, 1877-78. 8°.

Marseille. *Société de statistique.* — Répertoire des travaux, XXXVI à XXXVIII. 1876-1878. 8°.

Marseille. *Société d'étude des sciences naturelles.* — Bulletin, I, (1re livr.). 1878. 8°.

Montbéliard. *Société d'émulation.* — Mémoires, 3e série, I, 1877. 8°.

Montpellier. *Académie des sciences et lettres.* — Mémoires de la section des sciences, IX (1er fasc.). 1876. — Mémoires de la section des lettres, VI (fasc. 1 et 2) 1875-76.— Mémoires de la section de médecine, V (1er fasc.) 1872-76. 4°.

NANCY. *Académie de Stanislas.* — Mémoires, 4e série, IX, 1876. 8°.

NANCY. *Société des sciences.* — Bulletin, 2e série, III (fasc. 6 et 7). 1877. 8°.

NANTES. *Société académique de Nantes et du département de la Seine-Inférieure.* — Annales, 1877. 8°.

NIMES. *Société d'étude des sciences naturelles.* — Bulletin, 5e année (nos 6 à 8, 10 à 12) 1877; 6e année (nos 1 à 10). 1878. 8°.

ORLÉANS. *Société d'agriculture, sciences, belles-lettres et arts.* — Mémoires, XIX (2e livr.). 1877. 8°.

PARIS. *Académie des sciences.* — Comptes rendus hebdomadaires des séances LXXX à LXXXIII, 1875–1876. 4°.

PARIS. — Annales des Ponts et Chaussées, 1re série, I à X, 1831 à 1840; 2e série, I à X, 1841–1850. — Tables générales de la 1re série. 1843. 8°.

PARIS. *Association française pour l'avancement des sciences.* — Compte rendu de la 1re session 1872 à Bordeaux ; de la 2e session, à Lyon, 1873 ; de la 3e session à Lille, 1874 ; de la 4e session à Nantes, 1875 ; de la 5e session à Clermont-Ferrand, 1876. 5 vol. 8°.

PARIS. *Association scientifique de France.* — Bulletin hebdomadaire, nos 501 à 567, 569 et 570, 572 à 578, 580 à 582. 1877-1878. 8°.

PARIS. *Comité international des Poids et Mesures.* — Procès-verbaux des séances de 1875-1876. 8°.

PARIS. — Revue internationale des sciences, I et II (nos 1 à 52). 1878. 8°.

PARIS. — Revue scientifique de la France et de l'étranger, 2e série, XII (nos 50 à 52) ; XIII (nos 1 à 26) ; XIV (nos 27 à 52) ; XV (nos 1 à 26). 1877-1878. 4°.

PARIS. *Société d'acclimatation.* — Bulletin mensuel, 3e série, IV (nos 4 à 12) 1877 ; V (nos 1 à 10) 1878. 8°.

PARIS. *Société d'agriculture.* — Mémoires d'agriculture, d'économie rurale et domestique, I à XVI, 1801-1813. 8° — années 1830 à 1833, 1849, 1851. 8°.

PARIS. *Société botanique de France.* — Bulletin, XX (no 3), 1873; XII (sess. extraord.) 1875; XXIII (sess. extraord.) 1876; XXIV (Comptes rendus, 1 à 3; Revue bibliographique A à E; sess. extraord.; sess. mycologique) 1877; XXV (Revue bibliogr. A) 1878. 8°.

PARIS. *Société d'Ethnographie.* — Actes. VIII (no 3) 1878. 8°.

PARIS. *Société de Géographie.* — Bulletin, 6e série, XIII (nos 4 à 6) 1877 ; XIV (nos 1 à 6) 1877 ; XV (nos 1 à 6) 1878 ; XVI (nos 1 à 3) 1878. 8°.

PARIS. *Société centrale d'horticulture de France.* — Journal, 2e série. XI (nos 5 à 12) 1877 ; XII (nos 1 à 11) 1878. — Annuaire 1878. 8°.

PARIS. *Société Linnéenne.* — Mémoires de la Société Linnéenne de Paris, précédés de son histoire depuis 1788, époque de sa fondation, jusques et compris l'année 1822, I, (et fasc. de 14 planches) 1822 ; III, 1825 ; IV, 1826 ; V, 1827 ; VI (2e partie). 8°.

PARIS. *Société Linnéenne.* — Bulletin mensuel, (nos 15 à 19, 21 et 22) 1877-1878. 8°.

PARIS. — *Société zoologique de France.* — Bulletin, 1877 (no 2). 8°.

PONT-A-MOUSSON. *Société philotechnique.* — Mémoires, 2e fascicule, 1878. 8°.

ROUEN. *Académie des sciences, belles-lettres et arts.* — Précis analytique des travaux pendant l'année 1875-76 ; pendant l'année 1876-77. 8°.

ROUEN. *Société des amis des sciences naturelles.* — Bulletin, 2e série, 12e année (1er et 2e sem.) 1877. 8°.

SAINT-JEAN-D'ANGÉLY. *Société Linnéenne de la Charente-Inférieure.* — Bulletin 1re année (1er à 4e trim.) 1877 ; 2e année (1er et 2e trim.) 1878. 8°.

SAINT-QUENTIN. *Société académique des sciences, arts, belles-lettres, agriculture et industrie.* — Travaux, 3e série, XIV, 1877 ; 4e série, I. 1878. 8°.

TOULOUSE. *Académie des sciences, inscriptions et belles-lettres.* — Mémoires, 7e série, VIII et IX. 1876-1877. 8°.

TOULOUSE. *Société d'Histoire naturelle.* — Bulletin XI (nos 1 et 2) 1877 ; XII (no 1) 1878. 8°.

TOURS. *Société médicale du département d'Indre-et-Loire.* — Recueil de travaux. 74e année 1877. 8°.

TROYES. *Société Académique d'agriculture, des sciences, arts et belles-lettres du département de l'Aube.* — Mémoires, 3e série, XIII et XIV. 1876-1877. 8°.

VANNES. *Société polymathique du Morbihan.* — Bulletin, année 1877 (1er et 2e sem.) 8°.

Iles Britanniques.

ABERDEEN. *Observatoire.* — Dun Echt Observatory publications, I et II. 1876-1877. 4°.

CAMBRIDGE. *Société scientifique.* — Transactions of the Cambridge philosophical Society, XI (part III), 1871 ; XII (parts I,II) 1873-1877. 4°. — Proceedings, III (parts I,II) 1876-1877. 8°.

DUBLIN. *Académie Royale d'Irlande.* — The Transactions of the Royal Irish Academy, XXV, science (livr. 5, 9) 1874 ; XXVI, science (livr. 6 à 12, 14 à 16) 1876-1878 ; XXVII, Polite litterature and Antiquities (livr. 1) 1877. 4°. — Proceedings, 2e série, I (nos 2 à 6, 12) 1871-1877 ; II (nos 1 à 3) 1875 ; III (n° 1) 1877. 8°.

EDIMBOURG. *Société Royale.* — Proceedings of the Royal Society of Edinburgh, session 1876-77. vol. IX (nos 96 à 99). 8°.

EDIMBOURG. *Société botanique.* — Transactions and proceedings of the Botanical Society of Edinburgh, XIII (part I). 1877. 8°.

GLASGOW. *Société d'histoire naturelle.* — Proceedings of the Natural History Society of Glasgow, III (part 2) 1877. 8°.

KEW. *Jardins Royaux.* — Report on the progress and condition of the Royal Gardens at Kew during the year 1876 ; during the year 1877. 8°.

LIVERPOOL. *Société littéraire et scientifique.* — Proceedings of the literary and philosophical Society of Liverpool during the sixty-sixth session 1876-77 (n° 31). 1877. 8°.

LONDRES. *Société Royale.* — Proceedings of the Royal Society, XXV (nos 175 à 178) ; XXVI (nos 179 à 183). 1876-1877. 8°.

LONDRES. *Société Royale d'astronomie.* — Monthly notices of the Royal Astronomical Society, XXXVII (nos 8 et 9); XXXVIII (nos 1 à 9); XXXIX (n° 1). 1877-1878. 8°.

LONDRES. *Société Linnéenne.* — The Journal of the Linnean Society : Botany, XV (nos 85 à 88); XVI (nos 89 à 92) 1876-1877. — Zoology, XII (n° 64), XIII (nos 65 à 71) 1876. — List of the Linnean Society of London, 1876. 8°.

LONDRES. *Institution des Constructeurs de la Marine.* —Transactions of the Institution of naval architects, XVIII. 1877. 4°.

Belgique.

Bruxelles. *Observatoire Royal.* — Annales, XIV à XXV 1859-1877. 4°. — Annuaire, 28e à 45e années, 1861-1878. 12°. — Notices extraites de l'Annuaire pour 1874, 1875, 1876. — Catalogue des ouvrages d'astronomie et de météorologie qui se trouvent dans les principales bibliothèques de Belgique. 1878. 1 vol. 8°.

Bruxelles. *Société Royale de Botanique de Belgique.* — Bulletin, XV (nos 1 à 3) 1876-1877; XVI (nos 1 à 3) 1877-1878. 8°.

Bruxelres. *Société entomologique de Belgique.* — Annales, XX, 1877. 8°. — Comptes-rendus, 2e série, nos 39 à 42, 44 a 57. 1877-1878. 8°.

Bruxelles. *Société malacologique de Belgique.* — Annales, X, 1875. 8°. — Procès-verbaux, Juillet à Décembre 1876. 8°.

Bruxelles. *Société belge de microscopie.* — Comptes-rendus, nos 4 à 11, 1877. 8°.

Liége. *Fédération des Sociétés d'horticulture de Belgique.* — Bulletins, années 1873 à 1877. 8°.

Liége. — La Belgique horticole; annales d'horticulture belge et étrangère, XXIV à XXVII, 1874-1877. 8°.

Liége. *Société géologique de Belgique.* — Annales, II et III, 1874-1876. 8°.

Liège. *Société Royale des sciences.* — Mémoires, 2e série, VI. 1877. 8°.

Mons. *Société des sciences, des arts et des lettres du Hainaut.* — Mémoires et publications, 4e série, II, 1877. 8°.

Pays-Bas.

Amsterdam.— Flora Batava, livr. 1 à 242, 1800-1878. 4°. (donné par le Gouvernement des Pays-Bas).

Amsterdam. *Académie Royale des Sciences.* — Verhandelingen der Koninglijke Akademie van Wetenschappen, XVII, 1877. 4°. — Verslagen en Mededeelingen, Afdeeling Natuurkunde 2e série, XI, 1877; Afdeeling Letterkunde, 2e série, VI, 1877. 8°. — Jaarboek voor 1876. 8°.

Amsterdam. *Société de mathématiques.* — Nieuw Archief voor Wiskunde, II et III, 1876-1877. 8°.

Amsterdam. *Société Royale de zoologie.* — Nederlands Tijdschrift voor de Dierkunde, uitgegeven door het koninglijk

Zoologisch Genootschap « Natura artis magistra » te Amsterdam, I à IV, 1864-1874. 8°.

GRONINGUE. *Société des sciences naturelles.*— Zes en zeventigste Verslag van het Natuurkundig Genootschap te Groningen over het jaar 1876. — Zeven en zeventigste Verslag, over het jaar 1877. 8°.

HARLEM. *Société hollandaise des sciences.* — Archives néerlandaises des sciences exactes et naturelles, XI (livr. 4 et 5) 1876 ; XII (livr. 1 à 5) 1877 ; XIII (livr. 1 à 3) 1878. 8°.

HARLEM. *Société néerlandaise pour le progrès de l'Industrie.* — Tijdschrift uitgegeven door de Nederlandsch Maatschappij ter bevordering van Nijverheid, 4e série, I (nos 6 à 12) 1877 ; II (nos 1 à 12) 1878. — Naamlijst der Leden. 1877. — Notice historique. 1878. 8°.

LUXEMBOURG. *Institut Royal Grand-Ducal, section des sciences naturelles.* — Publications, XVI, 1877, 8°. — Carte géologique du Grand-Duché de Luxembourg, 9 feuilles plo. 1877. — Guide de la carte géologique, 1877. 8°.

LUXEMBOURG. *Société botanique.* — Recueil des mémoires et des travaux publiés par la Société botanique du Grand-Duché de Luxembourg, livr. 2 et 3, 1875-1876. 8°.

MIDDELBOURG. *Société zélandaise des sciences.*— Archief. Vroegere en latere Mededeelingen voornamelijk in betrekking tot Zeeland, uitgegeven door het Zeeuwsch Genootschap der wetenschappen, III (3e livr.) 1878. 8°.— Zelandia illustrata, II (1re liv.) 1878. 8°.

NIMÈGUE. — *Société néerlandaise de Botanique.* — Nederlandsch kruidkundig Archief, 2e série, II (4e livr.) 1877 ; III (1re livr.) 1878. 8°.

UTRECHT. *Institut Royal météorologique néerlandais.* — Nederlandsch meteorologisch Jaarboek voor 1871, XXIII (2e vol.) 1875 ; — voor 1875, XXVII (1er vol.) 1876. 4°.

UTRECHT. *Société des arts et sciences.* — Verslag van het verhandelde in de algemeene Vergadering van het Provinciaal Utrechtsch Genootschap van Kunsten en Wetenschappen gehouden den 29 juin 1875 ; — gehouden den 20 juin 1876. 8°. — Aanteekeningen van het verhandelde in de Sectievergaderingen, 1875 et 1876. 8°.

Danemark.

COPENHAGUE. *Société Royale des sciences.* — Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskabs Skrifter, 5e sér.: Naturvidenskabelig och mathematisk afdeling, XI (livr. 3 à 5) 1876-1878. 4°. — Oversigt over det Kongelige Danke videnskabernes Selskabs forhandlinger og dets Medlemmers arbejder i Aaret 1876 (nos 2 et 3); 1877 (nos 2 et 3); 1878 (no 1). 8°. — Tyge Brahes meteorologiske dagbog, holdt paa Uraniborg for aarene 1582-1597. Udgiven som Appendix til Collectanea meteorologica of det Kgl. Danske Videnskabernes Selskab ved dets meteorologiske Comité. 1876. 8°.

COPENHAGUE. *Société botanique.* — Botanisk Tidsskrift udgivet af den Botaniska Forening i Kjobenhavn, I et II, 1866-1868. 8°. — 2e série, IV (no 4) 1874. — 3e série, I (nos 1 à 4), 1875-1877; II (nos 1 à 3), 1877-1878. 8°.

COPENHAGUE. *Société des sciences naturelles.* — Videnskabelige Meddelelser fra den naturhistoriske Forening i Kjobenhavn for Aaret 1876. 8°.

Suède.

LUND. *Université.* — Acta Universitatis Lundensis. Lunds Universitets Års-skrift, X : Philosophi, språkvetenskap och historia; Mathematik och naturvetenskap. 1873-74; XI : Theologi; Philosophi, språkvetenskap och historia; Mathematik och naturvetenskap. 1874-75; XII : Philosophi, språkvetenskap och historia; Mathematik och naturvetenskap. 1875-76; XIII : Theologi; Philosophi, språkvetenskap och historia; Mathematik och naturvetenskap. 1876-77. 4°. — Lunds Universitets Biblioteks Accessions-katalog, 1874, 1875, 1876, 1877. 8°.

STOCKHOLM. *Académie Royale des sciences.* — Kongliga Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar, nouv. série, XIII, 1874; XIV (1re partie) 1875. 4°. — Öfversigt af kongl. Vetenskaps Akademiens Förhandlingar, 33e année, 1876. 8°. — Bihang till kongl. Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar, III (2e livr.) 1876. 8°.

UPSAL. *Société Royale des sciences.* — Nova Acta regiæ Societatis scientiarum Upsaliensis. Ad celebranda solemnia quadringenaria Universitatis Upsaliensis MCCCLXXVII, volumen extra ordinem editum. 1877. 4°.

Russie.

DORPAT. *Société des naturalistes.* — Sitzungsberichte der Dorpater Naturforscher-Gesellschaft, IV (livr. 2 et 3) 1876-1877. 8°. — Archiv für die Naturkunde Liv-, Ehst- und Kurlands, 1re série : VII (5e livr.) ; VIII (livr. 1 à 3), 1876-1877 ; 2e série : VII (livr. 3 et 4) ; VIII (livr. 1 et 2) 1876-1878. 8°.

HELSINGFORS. *Société des sciences de Finlande.* — Acta Societatis scientiarum Fennicæ, X. 1875. 4°. — Öfversigt af Finska Vetenskaps-Societetens Forhandlingar, XVII et XVIII, 1874-1876. 8°. — Bidrag till kännedom af Finlands Natur och Folk, livr. 20, 24 à 26. 1875-1877. 8°. — Observations météorologiques publiées par la Société des sciences de Finlande, années 1873 et 1874. 8°.

MOSCOU. *Société Impériale des Naturalistes.* — Bulletin, année 1877 (livr. 1 à 4) ; année 1878 (livr. 1 et 2). 8°.

ODESSA. *Société des naturalistes de la Nouvelle-Russie.* — Zapiski Novorossiiskavo Obshtshestva Estestvoispitatelei, V (n° 1). 1877. 8°.

RIGA. *Société des Naturalistes.*— Correspondenz-Blatt der Naturforscher-Vereins zu Riga, 22e année, 1877. 8°.

ST-PÉTERSBOURG. *Société Impériale des sciences.* — Mémoires, 7e série, XXII (nos 11 et 12) ; XXIII (nos 2 à 8) ; XXIV nos 1 à 11) ; XXV (nos 1 à 4.) 1876-1877. 4°. — Bulletin, XXIII (n° 4) ; XXIV (n° 1 à 3), 1877. 4°. — Dr A. von Middendorff's Sibirische Reise, IV, 2e partie (livr. 2 et 3), 1874-1875. 4° — Repertorium für Meteorologie, V (2e livr. et suppl. à la 1re livr.), 1877. 4°.

ST-PETERSBOURG. *Jardin Impérial de Botanique.* — Acta horti Petropolitani. Troudy Imperatorskavo S. Peterbourgavo botanitcheskavo Sada, V (n° 1). 1877. 8°. — Delectus seminum quæ hortus imperialis Petropolitanus pro mutua commutatione offert, 1877. 8°.

ST-PETERSBOURG. *Observatoire physique central de Russie.* — Annalen des physikalischen Central-Observatoriums, années 1875 et 1876. 4°.

ST-PETERSBOURG. *Société Impériale Russe de Géographie.* — Izvyéstiïa Imperatorskavo Rousskavo geographitcheskavo Obshtshestva, 1878 (nos 1 à 3). 8°.

Allemagne.

Augsbourg. *Société d'histoire naturelle.* — Vierundzwanzigster Bericht des naturhistorischen Vereins in Augsburg. 1877. 8°.

Bamberg. *Société des sciences naturelles.* — Elfter Bericht des Naturforschenden Gesellschaft in Bambery, 2e livr. 1877. 8°.

Berlin. — *Académie royale des sciences.* — Monatsbericht der königlich preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, année 1877 (mars à décembre); année 1878 (janvier à août). 8°.

Berlin. *Société des amis des sciences naturelles.*— Sitzungsberichte der Gesellschaft Naturforschender Freunde zu Berlin, années 1876 et 1877. 8°.

Berlin. *Société botanique de la province de Brandebourg.* — Verhandlungen des botanischen Vereins der Provinz Brandenburg, XVIII et XIX, 1876-1877. 8°.

Berlin. *Société de géographie.* — Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin, XII (nos 2 à 6) 1877 ; XIII (nos 1 à 5) 1878. -- Verhandlungen, IV (nos 2 à 10) 1877 ; V (nos 1 à 8) 1873. 8°.

Berlin. *Société allemande de géologie.* — Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft, XXIX (nos 1 à 4) 1877; XXX (nos 1 à 3) 1878. 8°.

Berlin. *Société d'horticulture de Prusse.* — Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gartenbaues in der königlich preussischen Staaten, nouv. série, I à III, 1853-1855. 8°. — Monatsschrift, XIX (nos 6 à 12) 1877 ; XX (nos 1 à 12), 1878. 8°.

Berlin. *Société de physique.* — Die Fortschritte der Physik im Jahre 1872, XXVIII (1re et 2e parties) 1876-77; im Jahre 1873, XXIX (1re et 2e parties) 1877-78. 8°.

Brême. *Société des sciences naturelles.* — Abhandlungen herausgegeben vom Naturwissenschaftlichen Vereine zu Bremen, V (livr. 3 et 4) 1877-1878. — Beilage n° 6 zu den Abhandlungen, 1877. 8°.

Breslau. *Société silésienne des sciences.* — Vierundfünfzigster Jahres-Bericht der schlesischen Gesellschaft für vaterlandische Cultur, 1876. — Fünfundfünfzigster Jahres-Bericht, 1877. — Fortsetzung des Verzeichnisses der in den Schriften der Schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur von 1864 bis 1876 inclus. enthaltenen Aufsätze. 1877. 8°.

CHEMNITZ. *Société des sciences naturelles.* — Sechster Bericht der naturwissenschaftlichen Gesellschaft zu Chemnitz. 1878. 8°.

COLMAR. *Société d'histoire naturelle.* — Bulletin de la Société d'histoire naturelle de Colmar, 16e et 17e années, 1875-1876 ; 18e et 19e années, 1877-1878. 8°.

DANTSICK. *Société des sciences naturelles.* — Schriften der Naturforschenden Gesellschaft in Danzig, nouv. série, IV (livr. 1 et 2) 1877-1879. 8°.

DARMSTADT. *Sociétés de géographie et de géologie.* — Notizblatt des Vereins für Erdkunde und verwandte Wissenschaften zu Darmstadt und des mittelrheinischen geologischen Vereins, 3e série, 16e livr. 1877. 8°.

DRESDE. *Académie Impériale Leopoldo-Caroline des Curieux de la Nature.* — Nova Acta Academiæ cæsareæ Leopoldino-Carolinæ germanicæ Naturæ Curiosorum, XXXVII, 1875. 4°. — Leopoldina, amtliches Organ der kaiserlich Leopoldinisch-Carolinisch deutschen Akademie der Naturforscher, 1874 (10e livron.). 4°.

DRESDE. *Société de géographie.* — XIII und XIV Jahresbericht des Vereins für Erdkunde zu Dresden, 1877. — XV Jahres-Bericht ; Sitzungsberichte, Wissenschaftliche Theil, 1878. 8°.

DRESDE. *Société d'histoire naturelle « Isis ».* — Sitzungs-Berichte der naturwissenschaftlichen Gesellschaft Isis in Dresden, 1877. 8°.

DRESDE. *Société des sciences naturelles et médicales.* — Jahres-Bericht der Gesellschaft für Natur- und Heilkunde in Dresden 1876-77. 8°. — Katalog der Bibliothek. 1877. 8°.

ELBERFELD. *Société des sciences naturelles.* — Jahres-Bericht des Naturwissenschaftlichen Vereins in Elberfeld, nebst wissenschaftlichen Beilagen herausgegeben von demselben, V. 1878. 8°.

EMDEN. *Société des sciences naturelles.* — Zweiundsechszigster Jahresbericht der Naturforschenden Gesellschaft in Emden 1876 ; Dreiundsechszigster Jahresbericht, 1877. 8°.

ERFURT. *Académie Royale des sciences.* — Jahrbücher der königlichen Akademie gemeinnütziger Wissenschaften zu Erfurt, nouv. série, VIII et IX. 1877. 8°.

ERLANGEN. *Société de physique et de médecine.* — Sitzungsberichte der physikalisch-medicinischen Societät zu Erlangen, IX. 1877. 8°.

Francfort. *Société des sciences naturelles.* — Abhandlungen herausgegeben von der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft zu Frankfurt a. M., XI (1re livr.) 1877. 4°. — Bericht über die Senckenbergische naturforschende Gesellschaft 1875-76 ; 1877-78. 8°.

Fribourg. *Société des sciences naturelles.* — Berichte über die Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg i. Br., VII (livr. 1 et 2) 1877-1878. 8°.

Giessen. *Société des sciences naturelles et médicales de la Haute-Hesse.* — Sechzehnter Bericht der Oberhessischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde, 1877. 8°.

Gœrlitz. *Société des sciences de la Haute-Lusace.* — Neues Lausitzisches Magazin, herausgegeben von der Oberlausitzischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Görlitz ; LIII (livr. 1 et 2) 1877 ; LIV (1re livr.) 1878. 8°.

Greifswald. *Société des sciences naturelles.* — Mittheilungen aus dem Naturwissenschaftlichen Vereine von Neu-Vorpommern und Rügen in Greifswald, IX, 1877. 8°.

Halle. *Société de géographie.* — Mittheilungen des Vereins für Erdkunde zu Halle a. S. 1877. 8°.

Halle. *Société des sciences naturelles.* — Abhandlungen der naturforschenden Gesellschaft zu Halle, XIII (4e livr.) 1877 ; XIV (livr. 1 et 2) 1878. 4°. — Bericht über die Sitzungen im Jahre 1876 ; im Jahre 1877. 4°.

Hambourg. *Société des sciences naturelles.* — Verhandlungen der naturwissenschaftlichen Vereins von Hamburg-Altona, in den Jahren 1875 und 1876, nouv. série, I. 1877. 8°.

Hanovre. *Société d'histoire naturelle.* — Fünfundzwanzigster Jahresbericht der naturhistorischen Gesellschaft zu Hannover, für das Geschäftsjahr 1874-1875 ; Sechsundzwanzigster Jahresbericht für 1875-1876. 8°.

Heidelberg. *Société d'histoire naturelle et de médecine.* — Verhandlungen der naturhistorisch-medicinischen Vereins zu Heidelberg, nouv. série, II (livr. 1 et 2) 1877-1878. 8°.

Kiel. *Commission pour l'exploration scientifique des Mers d'Allemagne.* — Ergebnisse der Beobachtungsstationen an den deutschen Küsten über die physikalischen Eigenschaften der Ostsee und Nordsee und die Fischerei, 1876 (nos 10 à 12) ; 1877 (nos 1 à 12) ; 1878 (n° 1). 4°. — Jahresbericht der Commission zur wissenchaftlichen Untersuchung der deutschen Meere in Kiel für die Jahre 1874, 1875, 1876. 4°.

Kiel. *Société des sciences naturelles du Schleswig-Holstein.* —

Schriften der naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig-Holstein, II (2e livr.) 1877 ; III (1re livr.) 1878. 8°.

KIEL. *Université.* — Schriften der Universität zu Kiel, XXIII, 1876. 4°.

KŒNIGSBERG. *Société physico-économique.* — Schriften der physikalisch-ökonomischen Gesellschaft zu Königsberg, XVII (livr. 1 et 2) 1876-1877 ; XVIII (1re livr.) 1877. 4°.

LEIPSICK. *Journal de botanique.* — Botanische Zeitung, XXXV (nos 23 à 42, 44 à 52) 1877 ; XXXVI (nos 1 à 52) 1878. 4°.

LEIPSICK. *Société des sciences naturelles.* — Sitzungsberichte der Naturforschenden Gesellschaft zu Leipzig, IV (nos 2 à 10) 1877. 8°.

METZ. *Académie.* — Mémoires de l'Académie de Metz. 3e série, IV, 1876 ; V, 1877. 8°.

MULHOUSE. *Société industrielle.* — Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse, XLVII (juillet à déc.) 1877 ; XLVIII (janvier à déc.) 1878. 8°.

MUNICH. *Académie Royale des sciences de Bavière.* — Abhandlungen der mathematisch-physikalischen Classe der königlich bayerischen Akademie der Wissenschaften, XII (3e livr.) 1877 ; XIII (1re livr.) 1878. 4°. — Sitzungsberichte, 1876 (no 3) ; 1877 (nos 1 à 3) ; 1878 (nos 1 et 2). 8°. — Almanach für das Jahre 1878. 16°.

MUNICH. *Observatoire Royal.* — Annalen der königlichen Sternwarte bei München, XXI, 1876. 8°. — Supplement zum XXI Bande, 1877. 8°. — Meteorologische und magnetische Beobachtungen der k. Sternwarte bei München, années 1876 et 1877. 8°.

MUNSTER. *Société des sciences et arts de Westphalie ; section zoologique.* — Jahres-Bericht der zoologischen Section der Westfälischen Provinzial-Vereins für Wissenschaft und Kunst, für das Etatjahr 1876-77. 8°.

NUREMBERG. *Société d'histoire naturelle.* — Abhandlungen der naturhistorischen Gesellschaft zu Nürnberg, VI, 1877. 8°.

RATISBONNE. *Société de zoologie et de minéralogie.* — Abhandlungen des zoologisch-mineralogischen Vereins zu Regensburg, V, 1855 ; X, 1875. 8°. — Correspondenz-Blatt des zoologisch-mineralogischen Vereines in Regensburg, XXII, XXIV, XXVIII à XXX. 1868-1876. 8°.

STUTGARD. *Société des sciences naturelles du Wurtemberg.* — Württembergische naturwissenschaftliche Jahreshefte, XXXIII (livr. 1 et 2) 1877 ; XXXIV (livr. 1 à 3) 1878. 8°.

Wiesbaden. *Société des sciences naturelles du Duché de Nassau.* — Jahrbücher der Nassauischen Vereins für Naturkunde, XXIX et XXX, 1876-1877. 8°.

Wurzbourg. *Société de physique et de médecine.* — Verhandlungen der physikalisch-medicinischen Gesellschaft in Würzburg, XI (livr. 1 à 4) 1877 ; XII (livr. 1 à 4) 1878. 8°.

Autriche-Hongrie.

Brunn. *Société Impériale et Royale pourle progrès de l'agriculture et des sciences naturelles.* — Mittheilungen der kais. kön. Mährish-Schlesischen Gesellschaft zur Beförderung des Ackerbaues, der Natur- und Landeskunde in Brünn, années 1868, 1876, 1877. 4°.

Buda-Pesth. *Museum de Hongrie.* — Természetrajzi Füsetek az allat-, növeny-, asvany-, és földtan Köréből, I (livr. 2 à 4), 1877. 8°.

Cracovie. *Académie des sciences.* — Pamietnik Akademii Umiejetnosci w Krakowie. Wydziall matematyczno-przyrodniczy, III, 1877. 4°. — Sprawozdanie komisyi fizyjograficznej, X et XI, 1876-1877. 8°. — Rosprawy i sprawozdonia z posiedzen wydziallu matematyczno-przyrodniczego Akademii Umiejetnosci, III et IV, 1876-1877. 8°.

Gratz. *Société des sciences naturelles de Styrie.* — Mittheilungen des naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark in Graz, années 1876 et 1877. 8°.

Hermannstadt. *Société des sciences naturelles de Transsylvanie.* — Verhandlungen und Mittheilungen des Siebenbürgischen Vereins fur Naturwissenschaften in Hermannstadt, XXVII et XXVIII, 1877-1878. 8°.

Innsbruck. *Ferdinandeum.* — Zeitschrift des Ferdinandeums für Tirol und Vorarlberg, 3e série, XXI, 1877. 8°.

Klagenfurt. *Museum d'histoire naturelle de Carinthie.* — Jahrbuch des naturhistorischen Landes-Museum von Kärnten, XII, 1876. 8°.

Pola. *Bureau Imp. et Roy. d'hydrographie.* — Mittheilungen aus dem Gebiete des Seewesens, herausgegeben vom k. k. hydrographischen Amte, Marine Bibliothek, V (livr. 1 à 12). 1877. 8°.

Prague. *Observatoire Impérial et Royal.* — Astronomische, magnetische und meteorologische Beobachtungen an den k. k. Sternwarte zu Prag im Jahre 1876, (37e année), im Jahre 1877 (38e année) 1877-1878. 4°.

PRAGUE. *Société d'histoire naturelle « Lotos »*. — Jahres-Bericht des naturhistorischen Vereines « Lotos » für 1877 (27e année). 1878. 8°.

VIENNE. *Académie Impériale des sciences*. — Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. Mathematisch-naturwissenschaftliche Classe, LXXIII, 1re section (nos 1 à 5), 2e section (nos 4 et 5), 3e section (nos 1 à 5) ; LXXIV, 1re section (nos 1 à 5), 2e section (nos 1 à 5), 3e section (nos 1 à 5) ; LXXV, 1re section (nos 1 à 5), 2e section (nos 1 à 5), 3e section (nos 1 à 5) ; LXXVI, 2e section (no 1). 1876-1877. 8°. — Anzeiger, année 1877 (nos 14 à 28) ; 1878 (nos 1 à 27). 1877-1878. 8°.

VIENNE. *Société Imp. et Roy. de zoologie et de botanique*. — Verhandlungen der kaiserlich-königlichen zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien, XXVI et XXVII, 1876-1877. 8°.

VIENNE. *Institut Impérial et Royal de géologie*. — Jahrbuch der kaiserlich-königlichen geologischen Reichsanstalt, XXVII, (1re livr.) 1877. 4°. — Verhandlundgen, 1877 (nos 1 à 6). 4°.

VIENNE. *Société Impériale et Royale de géographie*. — Mittheilungen der kais. und kön. geographischen Gesellschaft in Wien, XIX et XX, 1876-77. 8°.

VIENNE. *Société pour la diffusion des sciences naturelles*. — Schriften des Vereines zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntniss in Wien, XVIII. 1878. 16°.

Suisse.

AIGLE. *Société Murithienne du Valais*. — Bulletin des travaux de la Société Murithienne du Valais, V et VI, 1875-1876. 8°.

BALE. *Société des sciences naturelles*. — Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft in Basel, VI (3e livr.) 1878. 8°.

BERNE. *Société helvétique des sciences naturelles* — Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft in Basel, 59. Jahresversammlung, 1876. — Actes de la Société helvétique des sciences naturelles, 60e réunion, Lausanne 1877. 8°.

BERNE. — *Société des sciences naturelles*. — Mittheilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern aus dem Jahre 1876 (nos 906-922) ; aus dem Jahre 1877 (nos 923-936). 8°.

Coire. *Société d'histoire naturelle du Canton des Grisons.* — Jahres-Bericht der Naturforschenden Gesellschaft Graubündens, XX. 1875-76. 8°.

Genève. *Institut national génevois.* Mémoires, I à XIII, 1853-1877. 4°. — Bulletin, I à XIV, XVI, XVIII et XIX, XXII. 1853-1877. 8°.

Genève. *Société de physique et d'histoire naturelle.* — Mémoires, XXV (1re partie) 1876-77. 8°.

Lausanne. *Société Vaudoise des sciences naturelles.* — Bulletin XV (nos 78 à 80). 1877-1878. 8°.

Neuchatel. *Société des sciences naturelles.* — Bulletin, XI (livr. 1 et 2) 1877-1878. 8°.

St-Gall. *Société des sciences naturelles.* — Bericht über die Thätigkeit der St-Gallischen naturwissenschaftlichen Gesellschaft während des Vereinsjahres 1875-76 ; während des Vereinsjahres 1876-77. 8°.

Zurich. *Société des sciences naturelles.* — Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zurich, XXI (nos 1 à 4) 1876 ; XXII (nos 1 à 4). 1877. 8°.

Italie.

Florence. *Société entomologique d'Italie.* — Bullettino della Società entomologica italiana, IX (livr. 2 à 4) 1877 ; X (livr. 1 à 3) 1878. 8°.

Milan. *Observatoire Royal de Brera.* — Pubblicazioni del Reale Osservatorio di Brera in Milano, XIII. 1878. 4°.

Milan. *Société cryptogamologique italienne.* — Atti della Società crittogamologica italiana, I, 1878. 8°.

Modène. *Académie Royale des sciences, lettres et arts.* — Memorie della Regia Accademia di scienze, lettere ed arti in Modena, XVII. 1877. 4°.

Modène. *Société des naturalistes.* — Annuario della Società dei Naturalisti in Modena, 2e série, X (4e livr.); XI (liv. 1 à 4); XII (livr. 1 à 3). 1877-1878. 8°.

Moncalieri. *Observatoire.* — Bullettino meteorologico dell' Osservatorio del Reale Collegio Alberto in Moncalieri, XI (nos 6 à 12) 1876 ; XII (nos 1 à 12) 1877 ; XIII (nos 1 à 5) 1878. 4°.

Naples. *Académie Royale des sciences physiques et mathématiques.* — Atti della R. Accademia delle scienze fisiche e matematiche, VI, 1875. 4°. — Rendiconto, XII (nos 1 à 12) 1873 ; XIII (nos 1 à 12) 1874 ; XIV (nos 1 à 12) 1875. 4°.

NAPLES. *Institut Royal d'encouragement aux sciences naturelles, économiques et technologiques.* — Atti del Reale Istituto d'incorraggiamento alle scienze naturali, economiche e tecnologiche di Napoli, 2e série, XIV (1re et 2e parties) 1877. 4°.

PALERME. *Société des sciences naturelles et économiques.* — Giornale di scienze naturali ed economiche, pubblicato per cura della Società di scienze naturali ed economiche di Palermo (Consiglio di perfezionamento), XII, 1876-77. 4°.

PISE. *Société toscane des sciences naturelles.* — Atti della Società toscana di scienze naturali residente in Pisa, III (fasc. 1 et 2) 1877-1878. 8°.

PISE. *Nouveau Journal de Botanique.* — Nuovo Giornale botanico italiano, IX (livr. 3 et 4) 1877; X (livr. 1 à 4) 1878. 8°.

ROME. *Académie Royale des « Lincei ».* — Atti della Reale Accademia dei Lincei, 2e série, III; parte 1a: Transunti e bullettino bibliografico; parte 2a: Memorie della Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali; parte 3a: Memorie della Classe di scienze morali, storiche e filologiche. 1876. 4°. — 3e série, I: Transunti (nos 1, 2, 7); Memorie della Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali (livr. 1 et 2); Memorie della Classe di scienze morali, storiche e filologiche. 1877. 4°. — II: Transunti (nos 1 à 7). 1878. 4°.

ROME. *Académie Pontificale des « Nuovi Lincei ».* — Atti dell' Accademia Pontificia de' Nuovi Lincei, XXIV (livr. 1 à 6) 1871; XXV (liv. 1 à 7) 1872; XXVI (nos 1 à 7) 1873; XXVII (nos 1 à 7) 1874; XXVIII (nos 1 à 7) 1875; XXX (nos 3 à 7(1877; XXXI (no 1) 1878. 4°. — Triplice Omaggio alla Santità di Papa Pio IX nel suo giubileo episcopale, offerto dalle tre Romane Accademie, Pontificia di Archeologia, Insigne delle belle arti denominata di S. Luca, Pontificia de' Nuovi Lincei. Scienze. Academia Pontificia de' Nuovi Lincei. 1877. 4°.

ROME. *Comité Royal géologique d'Italie.* — Bollettino del R. Comitato geologico d'Italia, VII et VIII. 1876-1877. 8°.

ROME. *Société italienne de géographie.* — Bollettino della Società geographica italiana, XIV (nos 6 à 12) 1877. 8°.

VENISE. *Institut Royal vénitien des sciences, lettres et arts.* — Memorie del Reale Istituto veneto di scienze, lettere ed arti, XX (1re partie) 1876. 4°. — Atti, 5e série, III (nos 4 à 7) 1876-1877. 8°.

Espagne.

MADRID. *Observatoire.* — Anuario del Observatorio de Madrid, año XIII, 1873 ; año XIV, 1876. 8°. — Observaciones meteorologicas efectuadas en el Observatorio de Madrid desde el dia 1° de diciembre 1870 al 30 de noviembre de 1871 ; — desde el dia 1° de diciembre de 1871 al 30 de noviembre de 1872; — desde el dia 1° de diciembre de 1872 al 30 de noviembre de 1873. 8°. — Resumen de las observaciones meteorologicas efectuadas en la Peninsula, desde el dia de diciembre de 1870 al 30 de noviembre de 1871 ; — desde el dia 1° de diciembre de 1871 al 30 de noviembre de 1872 ; — desde el dia 1° de diciembre de 1872 al 30 de noviembre de 1873. 8°

SAN FERNANDO. *Observatoire de la Marine.* — Anales del Istituto y Observatorio de Marina de San Fernando, publicados da orden de la Superioridad por el Director Don Cecilio Pujazon, seccion 2ª : Observaciones meteorologicas, año 1875 ; año 1876. f°. — Almanaque nautico para 1879, calculado de orden de la Superioridad en el Istituto y Observatorio de Marina de la Ciudad de San Fernando, 1878. 8°. — Paso de Mercurio por el disco del Sol. 1878. 4°.

Portugal.

LISBONNE. *Académie Royale des sciences.* — Historia e Memorias da Academia Real das sciencias de Lisboa, classe de sciencias moraes, politicas e bellas lettras, nouv. séric, IV (2e partie) 1877. 4°. — Historia das Estabelecimentos scientificos, litterarios e artisticos de Portugal nos successivos reinados da Monarchia, VI. 1876. 8°. — Sessão publica da Academia Real das sciencias de Lisboa em 15 de maio de 1877. 8°. — Conferencias celebradas na Academia Real das sciencias de Lisboa, acerca dos descrobrimentos e colonisações dos Portuguezes na Africa, I, II, III. 1877. 8°. — Jornal de sciencias mathematicas, physicas y naturaes, publicado sob os auspicios da Academic Real das sciencias de Lisboa, V, 1874 ; XXI, XXII, XXIII, 1877-1878. 8°.

Indes Orientales.

CALCUTTA. *Société asiatique du Bengale.* — Journal of the Asiatic Society of Bengal, XXXIII, supplement-number,

1864 ; XXXV, part I (n° 4) 1866 ; XLV, part I (n° 3), part II (n° 4) 1876 ; XLVI, part I (nos 1 à 4), part II (nos 1 à 4) 1877 ; XLVII, part I (n° 1), part II (nos 1 et 2) 1878. 8°. — Proceedings, 1876 (nos 9 et 10); 1877 (nos 1 à 10); 1878 (nos 1 à 5). 8°. — List of periodicals and publications received in the Library of the Asiatic Society of Bengal. 1878. 8°.

Indes Néerlandaises.

Batavia. *Société des arts et sciences.* — Verhandelingen van het Bataviaasch Genootschap van Kunsten en Wetenschappen, XXXIX (1re livr.). 1877. 4°. — Notulen van de Algemeene en Bestuurs-vergaderingen, XIV (nos 2 à 4) 1876; XV (n° 1) 1877. 8°. — Tijdschrift voor Indische Taal-, Land- en Volkenkunde, XXIII (nos 5 et 6) 1876; XXIV (nos 1 à 5) 1877. 8°. — Catalogus der Ethnologische afdeeling van het Museum van het Bataviaasch Genoostchap van Kunsten en Wetenschappen, 2e édition, 1877. 8°. — Tweede Vervolg-Catalogus der Bibliotheek van het Bataviaasch Genootschap van Kunsten en Wetenschappen. 1877. 8°.

Batavia. *Société des sciences naturelles des Indes Néerlandaises.* — Natuurkundig Tijdschrift voor Nederlandsch Indië, XXXV, XXXVI et XXXVII. 1875-1877. 8°.

Australie.

Sydney. *Société Linnéenne de la Nouvelle-Galles du Sud.* — The Proceedings of the Linnean Society of New South Wales, I et II (livr. 1 et 2). 1877. 8°.

Amérique du Nord.

Boston. *Académie américaine des arts et sciences.* — Proceedings of the American Academy of arts and sciences, XII, 1877; XIII (part I) 1877. 8°.

Boston. *Société d'histoire naturelle.* — Memoirs of the Boston Society of natural history, II (part IV, nos 5 et 6) 1878. 4°. — Proceedings, XVIII (livr. 3 et 4) 1876; XIX (livr. 1 et 2) 1877. 8°.

Cambridge. *Museum de zoologie comparée.* — Memoirs of the Museum of comparative zoölogy at Harvard College, V (livr. 1 et 2) 1877 ; VI (2e livr.) 1878. 4°. — Bulletin, V (n° 1,

7) 1878. 8°. — Annual Report of the Curator of the Museum of Comparative zoölogy for 1877-78. 8°.

CAMBRIDGE. *Observatoire astronomique.* — Annals of the Astronomical Observatory of Harvard College, III, 1862; IV (parts I, II) 1863-1878 ; VI, VII, 1871 ; VIII, 1876 ; IX, 1878 ; X, 1877. 4°. — Annual Report of the Director of Harvard College Observatory, 1877, 8°.

CAMBRIDGE. *Université.* — Library of Harvard University. Bibliographical Contributions, I. 1878. 8°.

CHICAGO. *Académie des sciences.* — Chicago Academy of sciences. Annual address 1878. 4°.

COLUMBUS. *Bureau d'agriculture de l'état d'Ohio.* — Thirtieth annual Report of the Ohio State Board of Agriculture 1875. 8°. — Thirty-first Annual Report, with an abstract of the proceedings of the County agricultural Societies to the general Assembly of Ohio for the year 1876. 8°.

HARRISBURG. *Commission pour la Charité publique dans l'Etat de Pennsylvanie.* — Sixth annual Report of the Board of Commissioners of Public Charities of the State of Pennsylvania, to which is appended the Report of the general agent and secretary, and the statistical Report transmitted to the Legislature, april 1876. 8°.

MILWANKEE. *Société d'histoire naturelle de l'Etat du Wisconsin.* — Jahres-Bericht des Naturhistorischen Vereins von Wisconsin für das Jahr 1877-78. 8°.

NEWHAVEN. *Académie des arts et sciences de l'Etat de Connecticut.* — Transactions of the Connecticut Academy of arts and sciences, IV (1re livr.) 1877. 8°.

NEWHAVEN. *Journal Américain des sciences et arts.* — The Americain Journal of science and arts, 3e série, XIII (n° 78), XIV (nos 79 à 84) 1877 ; XV (nos 85 à 90), XVI (nos 91 à 96) 1878. 8°.

NEW-YORK. *Académie des sciences.* — Annals of the, Lyceum of natural history of New-York, X (nos 12 à 14) 1874 ; XI (nos 1 à 8) 1874-76. — Proceedings, 2e sér. (nos 1 à 4). 1873-74. 8°.

NEW-YORK. *Société Américaine de géographie.* — Journal of the American Geographical Society of New-York, II (parts I, II) 1860-1870 ; III à VI, 1872-74. 8°. — Bulletin of the American Geographical Society. Session of 1876-77 (nos 1 à 5) ; 1878 (nos 1 et 2). 8°.

PHILADELPHIE. *Académie des sciences naturelles.* — Proceedings of the Academy of natural sciences of Philadelphia, 1876 (nos 1 à 3) ; 1877 (nos 1 à 3). 8°.

PHILADELPHIE. *Société Américaine des sciences.* — Proceedings of the American philosophical Society held at Philadelphia for promoting useful knowledge, XV (n° 96) ; XVI (nos 98 et 99) ; XVII (n° 100). 1876-1877. 8°. — List of surviving Members of the American philosophical Society at Philadelphia, 1878. 8°.

PHILADELPHIE. *Association médicale Américaine.* — The Transactions of the American Medical Association, instituted 1847, XXVII et supplément. 1876. 8°.

SALEM. *Association américaine pour l'avancement des sciences.* — Proceedings of the American Association for the advancement of science, 25th meeting held at Buffalo, august 1876. 8°. — Memoirs of the American Academy for the advancement of science, I. 1875. 4°.

SALEM. *Institut d'Essex.* — Bulletin of the Essex Institute, VIII, 1876 ; IX, 1877. 8°.

St-LOUIS. *Académie des sciences.* — The Transactions of the Academy of sciences of St-Louis, III (n° 4) 1878. 8°.

TORONTO. *Institut Canadien.* — The Canadian Journal of science, litteratur and history, XV (n° 3, 6) 1876-77. 8°.

WASHINGTON. *Département de l'Agriculture.* — Report of the Commissioner of Agriculture for the year 1875 ; for the year 1876. 8°. — Monthly Reports of the Departement of Agriculture for the year 1875 ; for the year 1876. 8°.

WASHINGTON. *Département de la Guerre.* — War Department Surgeon general's Office, Circular n° 9. 1877. 4°.

WASHINGTON. *Département de la Guerre.* — War Department. Office of the Chief-Signal-Officer. Daily Bulletin of Weather-Reports, December 1873-April 1874. 5 vol. 1876-1877. 4°.

WASHINGTON. *Département de la Guerre.* — War Departement. Annual Report of the Paymaster general of the Army, 1877. 8°.

WASHINGTON. *Département de l'Intérieur.* — Report of the United States geological Survey of the Territories, VII (part II) 1878 ; IX, 1876 ; X, XI, 1877. 4°. — Illustrations of cretaceous and tertiary plants of the Western Territories of the United States. 1878. 4°. — Ninth annual Report of the geological and geographical Survey of the Territories for 1875. 8°. — Preliminary Report of the fieldwork of the U. S. geological and geographical Survey for the season of

1877. 8°. — Bulletin of the U. S. geological and geographical Survey of the Territories, 2e série, I (n° 4) 1875 ; II (nos 2, 4) 1876 ; III (nos 1 à 4) 1877 ; IV (nos 1 et 2) 1878. 8°. — Miscellaneous publications, n° I, 4e édition, 1877 ; n° V, 2e édit. 1875 ; n° VIII, 1878 ; n° IX, 1877. 8°. — Geological and geographical Atlas of Colorado and portions of adjacent territories, 1877. pl°. — Map of the sources of Snake River with its tributaries, together with portions of the Leadwaters of the Madison and Yellowstone. pl°. — Map of the upper Geyser basin on the upper Madison River, Montana. pl°. — Map of the lower Geyser basin on the upper Madison River. pl°. — Bulletin of the United States Entomological Commission, nos 1 et 2. 1877. 8°.

WASHINGTON. *Département de la Marine.* — Astronomical and meteorological observations made during the year 1874, at the United States Naval Observatory, 1877. 4°. — Instructions for observing the total Solar Eclipse of July 29, 1878. 4°.

WASHINGTON. *Institution Smithsonienne.* — Annual Report of the Board of Regents of the Smithsonian Institution for the year 1876. 8°.

Amérique du Sud.

BUENOS-AYRES. *Société scientifique.* — Anales de la Sociedad cientifica argentina, VI (nos 1, 4, 5). 1878. 8°.

CORDOVA. *Société zoologique.* — Periodico zoologico. Organo de la Sociedad zoologica argentina, II (n° 4). 1877. 8°.

RIO JANEIRO. *Institut historique, géographique et ethnographique du Brésil.* — Revista trimensal do Instituto historico, geographico e ethnographico do Brazil, XXXVIII (2e partie, 4e trim.) 1875 ; XXXIX (1re partie, 1er trim.) 1876. 8°.

§ 3e. — *Ouvrages divers.*

Les noms des Membres de la Société sont précédés d'une Astérisque *.

ACQUOY (J. G. R.). — Het Klooster te Windesheim en zijn invloed. T. II. 8° Utrecht 1876.

AGUILAR Y VELA. — Voir : Real Observatorio de Madrid.

AIGUIER (Joseph Marcel). — De la mortalité au bagne de Toulon. Contributions à l'étude de la réforme pénitentiaire. Thèse. 4° Montpellier 1868.

Alvord (Benjamin). — Annual Report of the Paymaster general of the Army. 8° Washington 1877.

Anson. — Voyage autour du Monde, fait dans les années MDCCXL, I, II, III, IV, par Georges Anson, présentement Lord Anson, commandant en chef d'une escadre envoyée par Sa Majesté Britannique dans la Mer du Sud, tiré des journaux et autres papiers de ce Seigneur, et publié par Richard Walter, Maître ès-arts et chapelain du Centurion dans cette expédition. Orné de cartes et de figures en taille douce. Traduit de l'anglais, nouvelle édit. 4° Amsterdam et Leipsig 1751.

Antoine (Charles). — Des propriétés mécaniques des vapeurs. 4e Mémoire : De l'application des lois de Mariotte et de Gay-Lussac aux vapeurs surchauffées. f° Brest 1877. — 5e Mémoire : Analyse des expériences faites par M. Regnault sur les tensions de la vapeur d'eau. f° Brest 1878.

Aube (Paul). — Quelques considérations sur les amputations tibiotarsiennes. Relation d'un procédé nouveau. Thèse. 4° Paris 1870.

Aubert (Silvain Adolphe). — La Scarlatine observée à bord de la frégate à vapeur l'*Asmodée*. Thèse. 4° Montpellier 1864.

Auffret (Charles). — La Variole observée à l'hôpital maritime de Brest en 1869. Observations thermiques dans la Variole et la Scarlatine. Thèse. 4° Montpellier 1869.

Azam. — Le Phylloxera dans le département de la Gironde. 4° Paris 1876.

Ballot (Joseph Marie). — De la Méningite cérébro-spinale. Thèse. 4° Montpellier 1870.

Barrallier (A.). — Des accidents herniaires et de leur traitement. Thèse. 4° Montpellier 1870.

Barrallier (Auguste Marie). — Des accidents tertiaires de la Syphilis. Thèse. 4° Montpellier 1847.

Barret (Eugène). — De la Coxalgie. Thèse. 4° Montpellier 1870.

Barthe (J.). — De la Colique sèche. Thèse. 4° Montpellier 1852.

Barthélemy (Charles). — De l'amputation tibio-tarsienne. Thèse. 4° Montpellier 1857.

Bartsch (Samu). — Rotatoria Hungariæ. A Sodroallatkak és Magyarorszagban megfigyelt fajaik. 4° Budapest 1877.

Battarel (François Pélage). — Relation médico-chirurgicale de la campagne de la frégate à vapeur le *Vauban*, dans la Mer Noire, du mois de juillet 1854 au mois de mars 1855. Thèse. 4° Montpellier 1859.

[Béchet]. — Dictionnaire de médecine ou Répertoire général des sciences médicales considérées sous le rapport théorique et pratique, 2e édition, I à XXX. 8° Paris 1832-1846.

Bechler (Gustavus R.). — Map of the sources of the Snake River, with its tributaries together with the portions of the headwaters of the Madison and Yellowstone. pl°. — Map of the upper Geyser basin on the upper Madison River, Montana. — Map of the lower Geyser basin on the upper Madison River. pl°.

Béguin (Louis Thimothée Dieudonné). — Phlegmon de l'épaule. Thèse. 4° Montpellier 1867.

Belgrand (E.). — Histoire générale de Paris. La Seine. I. Le Bassin parisien aux âges antéhistoriques, Texte et Planches de paléontologie, 2 vol. 4° Paris 1869. — Les Travaux souterrains de Paris. II. Les eaux. Introduction. Les aqueducs romains, texte 8° et atlas pl°. Paris 1875. III. Les eaux. 1re section. Les anciennes eaux, texte 8° et atlas pl°. Paris 1877.

Bellamy (François Auguste). — Des causes de la Lymphangite superficielle. Thèse. 4° Paris 1870.

Berchon (Ernest). — Relation médicale d'une campagne aux mers du Sud. Thèse. 4° Paris 1858.

Berg (L.-W.-C. Van Den). — Verslag van eene verzameling maleische, arabische, javaansche en andere houdschriften door de regeering van de nederlandsch Indie, aan het Bataviaasch Genootschap van Kunsten en Wetenschappen ter bewaring afgestaan. 8° Batavia 1877.

Bernard (Alphonse). — Notice sur l'Attacus Yama-Maï, ou Ver à soie du chêne du Japon. 8° Paris 1877.

Bernardin (R.-J.). — L'Afrique centrale. Etude sur ses produits commerciaux. 8° Gand 1877.

* Bertin (L.-E.). — Sur l'effet comparatif des jets d'air comprimé et des jets de vapeur lancés dans la cheminée pour le tirage forcé des chaudières. 8° Cherbourg 1876. — Mémoire sur l'emploi des jets d'air comprimé lancés dans la cheminée pour obtenir un tirage forcé dans les foyers des chaudières. 4° Paris 1877.

Bertolini (Stefano de). — Catalogo sinonimico e topografico dei Coleotteri d'Italia. 8° Florence 1872.

Bertrand (Paul Auguste). — Etude sur les anévrysmes et les plaies artérielles, d'après des faits observés dans la chirurgie de la Marine. Thèse. 4° Montpellier 1852.

Bertrand. — De la Blennorrhagie, notamment de la Blennorrhagie uréthrale aiguë. Thèse. 4° Montpellier 1870.

* Blytt (Axel). — Norges Flora, eller Beskrivelser af de i Norge vildtvaxende Karplanter tilligemed Angivelser af deres Udbredese, II (1re livr.), Tillægshefte. 8° Christiania 1874.

Bochet (H.). — Mécanique. Nouvelles recherches expérimentales sur le frottement de glissement, spécialement sur des rails de chemin de fer dans des circonstances très-diverses. 8° Paris 1861.

* Bohnensieg. (G.-C.-W.) et W. Burck. — Repertorium annuum Literaturæ Botanicæ periodicæ. T. IV (1875). 8° Harlem 1878.

Bomare, voir Valmont de Bomare.

Bömches (Friedrich). — Bericht über die Weltausstellung zu Wien im Jabre 1873, herausgegeben durch die Küstenländische Ausstellung-Commission in Triest. 1 vol. 8° Trieste 1874.

Bonifanti (Jean Baptiste Louis). — Du traitement des abcès par congestion. Thèse. 4° Montpellier 1870.

Bonnaud (Louis Emile). — Fièvres périodiques compliquées d'état typhique, épidémie observée à bord de la frégate la *Constitution*, en janvier 1854. Thèse. 4° Paris 1858.

Bonnescuelle de Lépinois (Charles Henri). — Essai sur le Choléra cutané ou sudoral. Thèse. 4° Montpellier 1866.

Bonnet (G.). — Contribution à l'étude du parasitisme. Thèse. 4° Montpellier 1870.

Boothby (Josiah). — Statistical sketch of South Australia. 8° Londres 1876.

* Bornet (Edouard). — Etudes phycologiques. Analyses d'algues marines par M. Gustave Thuret, publiées par les soins de M. le Dr Edouard Bornet. Ouvrage accompagné de 50 planches gravées d'après les dessins de M. Alfred Riocreux. f° Paris 1878.

Bouffier (Joseph Honoré). — Relation médico-chirurgicale de la campagne de la corvette à vapeur le *Gassendi*, pendant les années 1845, 1846, 1847, 1849, 1850 dans la Plata et l'Océanie. Thèse. 4° Montpellier 1857.

Bourgarel (Adolphe Charles Auguste). — De la Dysenterie endémique dans la Cochinchine française. Thèse. 4° Montpellier 1866.

Bourguignat (J.-R.). — Catalogue des Mollusques terrestres et fluviatiles de Paris à l'époque quaternaire. 4° Paris 1869.

* Boussinesq (J.). — Essai sur la théorie des eaux courantes. 1 vol. 4° Paris 1877.

Bouteiller (Fr.) et Ch. Contejean. — Observations relatives à certains phénomènes périodiques effectuées dans le pays de Montbéliard. 8° Montbéliard 1878.

Bouvet (Pierre). — Essai sur l'alcoolisme. Thèse. 4° Montpellier 1870.

Brindejonc-Tréglodé (Yves-Marie). — Quelques considérations sur l'Anévrysme arterioso-veineux. Thèse. 4° Montpellier 1869.

Brisson. — Ornithologie, ou Méthode contenant la division des Oiseaux en ordres, sections, genres, espèces et leurs variétés. 6 vol. 4° Paris 1760. (rel. pl. veau écaille, fil. et tr. dorés,.

* Brongniart (Ad.). — Rapport sur un mémoire intitulé : « Recherches expérimentales d'organogénie végétale », par M. Hétet, professeur de botanique à l'Ecole de médecine navale de Toulon. 4° Paris 1859.

* Bruhns (C.). — Monatliche Berichte über die Resultate aus den meteorologische Beobachtungen angestellt an den königlich sächsischen Stationen im Jahre 1876. 4° Leipzig 1877. — Meteorologische Beobachtungen in Deutschland, angestellt an 17 Stationen zweiter Ordnung im Jahre 1876. 4° Leipzig 1878.

Burck (W.). — voir Bohnensieg.

Callière (Nelcourt). — Quelques considérations sur l'Atrophie musculaire progressive. Thèse. 4° Montpellier 1870.

Carpentier (Georges). — Quelques considérations sur les plaies pénétrantes de l'abdomen avec issue de l'épiploon. Thèse. 4° Paris 1870.

* Caruel (T.). — Nuovo Giornale botanico italiano. T. IX (livr. 3 et 4) ; X (livr. 1 à 4). 8° Pise 1877-1878.

Cassien (P.). — Etude sur l'Hématurie chyleuse d'après des observations recueillies à Salazie (Ile de la Réunion). Thèse. 4° Montpellier 1870.

Caton (John Dean). — Artesian Wells. A paper on the irregularity of the flow of artesian wells. 4° Chicago 1874.

Caurant (Eugène Louis Ernest). — Relation médicale d'un voyage de France à la Nouvelle-Calédonie à bord de la frégate Iphygénie. Thèse. 4° Paris 1869.

Cazzuola (Ferdinando). — Dizionario di Botanica applicata alla medicina, alla farmacia, alla veterinaria, all' orticoltura, all' agricoltura, all' industria e al commercio. 1 vol. 8° Pise 1876.

Celoria (Giovanno). — Sopra alcuni scandagli del Cielo eseguiti all' Osservatorio Reale di Milano, e sulla distribuzione generale delle stelle nello spazio. 4° Milan 1878.

Cerf-Mayer (Jules). — Deux années de séjour à Alexandrie d'Egypte. Thèse. 4° Paris 1869.

Cézanne (Ernest), voir Surell.

Cezilly (Auguste Hippolyte). — Observations sur le Dragonneau ou Ver de Médine. Thèse. 4° Paris 1858.

Chabert (de). — Voyage fait par ordre du Roi en 1750 et 1751 dans l'Amérique septentrionale pour rectifier les cartes des côtes de l'Acadie, de l'Isle Royale, et de l'Isle de Terre-neuve, et pour en fixer les principaux points par des observations astronomiques. 1 vol. 4° Paris 1753.

* Chabirand. — Traité d'astronomie et de météorologie appliquées à la navigation. I. Astronomie; II. Navigation. 2 vol. 8° Paris 1878.

Crailloux (Joseph Adolphe). — Des occlusions internes de l'intestin. Thèse. 4° Montpellier 1869.

Chaspoul (Alexandre). — Taille médio-latéralisée. Fractures non consolidées. Thèse. 4° Montpellier 1857.

Chédan (Ernest). — De la luxation des phalanges des doigts. Thèse. 4° Paris 1871.

Chevalier (Michel Justin). — La Guyane française au point de vue de l'acclimatement et de la colonisation. Thèse. 4° Strasbourg 1869.

Chevrier (Modeste Alfred). — Du Sycosis et de ses rapports avec la Teigne tonsurante. Thèse. 4° Montpellier 1871.

* Cialdi (Alessandro). — Il Porto di Nisita. Cenni sull' uso dei moli a traforo dell' Ing. March. Giovanni Malaspina, con appendice del Comm. A. Cialdi. 8° Rome 1878. — Illuminazione e segnalamento dei littorali e dei porti. 8° Rome 1877. — Notice sur les travaux de M. le Commandeur Alexandre Cialdi, capitaine de vaisseau. 4° Rome 1877. — Trattato delle costruzioni dei porti nel Mediterraneo. Index. 4° Rome 1878.

Clercq (F.-S.-A. de). — Het Maleisch der Molukken. Lijst der meest voorkomende vreemde en van het gewone maleisch verschillende woorden, zooals die gebruikt

worden in de residentien Manado, Ternate, Ambon met Banda en Timor Koepang, benevens pantoens, prozastukken en gedichten. 4° Batavia 1876.

* Clos (D.). — La feuille florale et le filet staminal. 8° Toulouse 1877.

Comoy. — Mémoire sur les ouvrages de défense contre les inondations, 2e édit. 8° Paris 1868.

Comte (Augustin André). — Quelques observations cliniques. Réflexions et souvenirs qu'elles suggèrent. Thèse. 4° Montpellier 1866.

Conor (François Louis). — Du Tetanos spontané à frigore. Thèse. 4° Paris 1870.

* Contejean (Ch.), voir Bouteiller.

* Cornu (Max.) et Mouillefert. — Expériences faites à la station viticole de Cognac dans le but de trouver un procédé efficace pour combattre le Phylloxera. 4° Paris 1876.

Corre (A.-M.). — Notes médicales recueillies à la Vera-Cruz (Mexique) 1862, 1865, 1866. Thèse. 4° Paris 1869.

Costa de Bastelica (Michel). — Les torrents, leurs lois, leurs causes, leurs effets ; moyens de les réprimer et de les utiliser ; leur action géologique universelle. 8° Paris 1874.

Cotelle. — Législation française des chemins de fer et de la télégraphie électrique, 2e édition, I et II. 8° Paris 1867.

Couche (Ch.). — Voie, matériel roulant et exploitation technique des chemins de fer, II (2e fascicule) : Traction, texte 8° et atlas 4°. Paris 1873.

Coues (Elliott). — Fur-bearing animals : a monograph of North American Mustelidæ, 8° Washington 1877.

Cougit (Victor). — De l'importation et de la contagion de la fièvre jaune aux Antilles françaises. Moyens prophylactiques. Thèse. 4° Montpellier 1866.

Dabry de Thiersant (P.). — La pisciculture et la pêche en Chine, précédé d'une introduction sur la Pisciculture chez les divers peuples par J. L. Soubeiran. 4° Paris 1872.

Dana (James D.), B. Silliman et E.-S. Dana. — Voir The American Journal of science and arts. Newhaven.

Daniel (Alcide François Marie). — De la fièvre jaune à la Guyane française pendant les années 1855, 1856, 1857, 1858. Thèse. 4° Montpellier 1860.

David (Jules). — La Seine et ses affluents. Voie, traction, trafic, législation. 12° Paris 1874.

Davis (Rear-Admiral C.-H.). — voir : Washington, Observatoire de la Marine.

Decugis (Joseph Augustin). — Observations médico-chirurgicales recueillies sur divers points du Globe. Thèse. 4° Montpellier 1864.

Degland (C.-D.). — Ornithologie européenne, ou Catalogue analytique et raisonné des Oiseaux observés en Europe. 2 vol. 8° Lille 1849.

Delacroix (S.-C.). — Défrichement des terrains incultes dans la Campine belge et les autres contrées de la Belgique. 8° Paris 1860.

Delafontaine (Marc). — Sur le Terbium et ses composés, et sur l'existence probable d'un nouveau métal dans la Samarskita de la Caroline du Nord. 8° Lausanne 1878.

* Denza (Francesco). — Riviste mensuali di Meteorologia agraria per l'anno meteorologico 1875-76. 4° Bologne 1877. — per l'anno meteorologico 1876-77. 8° Bologne 1878. — voir Schiaparelli, et Observatoire de Moncalieri.

Dhoste (Georges). — Des navires-hôpitaux. Thèse. 4° Montpellier 1870.

Disser (François Joseph). — De la fièvre rémittente bilieuse hémorrhagique observée en Cochinchine. Thèse. 4° Montpellier 1868.

* Dubrueil (E.) — Revue des sciences naturelles, T. VI (nos 1 à 4); VII (nos 1 à 3). 8° Montpellier 1877-78.

Dubrunfaut. — Bulletin des sciences technologiques, 5e section du Bulletin universel des sciences et de l'industrie publié sous la direction de M. le baron de Férussac. V à XIX. 8° Paris 1826 à 1831.

Dudon (Jean Charles). — Notes et observations sur les affections paludéennes à la côte occidentale d'Afrique. Thèse. 4° Paris 1869.

Duhamel du Monceau. — Eléments de l'Architecture navale ou Traité pratique de la Construction des vaisseaux. 2e édit. 4° Paris 1758.

Duroselle (E.). — Le rôle de l'atmosphère dans les sols stériles. 12° Nancy 1878.

Dutailly (G.). — Recherches organogéniques sur les formations axillaires chez les Cucurbitacées. 8° Paris 1878.

* Duval-Jouve (J.). — Notice sur les titres et les ouvrages scientifiques de M. J. Duval-Jouve. 4° Montpellier 1877.

Ecorchard. — Nouvelle théorie élémentaire de la botanique, suivie d'une analyse des familles des plantes qui croissent en France, ou qui y sont généralement cultivées en pleine terre, dans les parcs, les jardins et les champs. 8° Paris 1877. — Flore régionale de toutes les plantes qui croissent spontanément ou qui sont généralement cultivées en pleine terre dans les environs de Paris. 8° Paris 1877.

Edlung (E.). — Recherches sur l'induction unipolaire, l'électricité atmosphérique et l'aurore boréale. 4° Stockholm 1877.

Epron (Pierre Marie Abel). — Quelques considérations pratiques sur l'uréthrotomie interne. Thèse. 4° Montpellier 1870.

Ernst (A.). — Vargas considerado como botanico, con un apendice que comprende 1° algunas cartas de la correspondenza botanica de Vargas; 2° descripcion de la « Vargasia », nuovo género de Ternstræmiaceas. 4° Caracas 1877. — Estudios sobre las deformaciones, enfermedades y enemigos del arbor de Cafe en Venezuela. 4° Caracas 1878. — Estudios sobre la flora y fauna de Venezuela. 4° Caracas 1877.

Fabre (Auguste). — Luxation de l'avant-bras en arrière. Thèse. 4° Montpellier 1870.

* Famintzine (A.). — Über Knospenbildung bei Equiseten. 8° St-Pétersbourg 1876.

* Farlow (William G.). — List of Fungi found in the vicinity of Boston, part 2. 8° Boston 1878. — On the synonymy of some species of Uredineæ. 8° Boston 1878. — Notes on some common diseases caused by Fungi. 8° 1877.— On some algæ new to the United States. 8° Boston 1877.

* Fauvel (A.). — The wild Silk-worms of the province of Shan-Tung. 8° Hong-Kong 1877.

Feris (M.-B.). — Quelques aperçus sur le traitement de la Blennorrhagie chronique. Thèse. 4° Montpellier 1871.

Fick (A.). — Ein neuer Wellenzeichner. 4° Leipzig 1877.

Fleury (Edouard). — Antiquités et monuments du département de l'Aisne. 2e partie. 1 vol. 4° Paris 1878.

Foiret (Jean). — Causes et lésions de l'Hépatite suppurative. Inductions et déductions. Thèse. 4° Paris 1870.

Forné (Fortuné). — Contribution à la géographie médicale (côte occidentale d'Afrique). Grand-Bassam. Sol. Climat. Maladies. Thèse. 4° Montpellier 1870.

Fourest (Antoine Gabriel). — Essai sur l'Erysipèle de la face. Thèse. 4° Montpellier 1857.

Fraas (Oscar). — Aëtosaurus ferratus Fr. Die gepanzerte Vogel-Echse aus dem Stubensandstein bei Stuttgart. 4° Stuttgart 1877.

François (Jules). — Le Caucase et ses eaux minérales. 8° Paris 1876.

Fréminville (de). — Rapport, fait au nom du Comité des arts mécaniques, sur un Mémoire de M. Bertin, Ingénieur de la Marine, relatif à l'emploi de jets d'air comprimé lancés dans les cheminées pour obtenir le tirage forcé dans les chaudières à vapeur. 4° Paris 1877.

Fricker (J.-E.). — Quelques considérations sur les différents traitements employés dans l'Entorse, et en particulier du traitement par les irrigations froides continues et le bandage dextriné. Thèse. 4° Montpellier 1870.

Gaillard (Charles). — De la fièvre intermittente. Thèse. 4° Paris 1870.

* Garbiglietti (Antonio). — I pigmei della favola di Omero e gli Akkà dell' Africa equatoriale. 8° Turin 1877.

Gason (Samuel). — The Dieyrie Tribe of Australian aborigens. 8° Adelaïde 1874.

Gaultier de Claubry. — Bulletin des sciences technologiques, XVI à XIX. 8° Paris 1830-1831. (voir Dubrunfaut).

Gayme (J.-B. Laurent). — De la Dyssenterie endémique dans la Basse-Cochinchine. Thèse. 4° Montpellier 1866.

Gazet (Emile). — Quelques considérations sur les abcès du foie, suivies de quatre observations recueillies dans les hôpitaux maritimes de Toulon. Thèse. 4° Montpellier 1869.

Ghaye (Michel). — voir Selys-Longchamps (de).

* Giebel (C.-G.). — Zeitschrift für die gesammten Naturwissenschaften. Original Abhandlungen und monatliches Repertorium der literatur der Astronomie, Meteorologie, Physik, Chemie, Geologie, Oryktognosie, Palæontologie, Botanik und Zoologie. 3e série, I et II. 8° Berlin 1877.

Girard la Barcerie (Eugène). — Considérations médicales sur la Cochinchine, son climat et ses maladies. Thèse. 4° Montpellier 1868.

Giraud (Léon André). — Lettre pathologique sur la Méningite rachidienne qui a régné épidémiquement, pendant l'hiver de 1851, à Toulon. Thèse. 4° Montpellier 1851.

Girette (Jules). — La civilisation et le choléra. 1 vol. 8° Paris 1867.

Godard (Jules). — Du bégaiement et de son traitement physiologique. 8° Paris 1877.

Gouzian (Louis François). — Des varices et de leur traitement. Thèse. 4° Montpellier 1850.

Grangé (A.-M.). — Observations de pustule maligne recueillies à bord du vaisseau le Jemmapes (campagne de Crimée). Thèse. 4° Montpellier 1859.

Gueit (Joseph Jules). — Essai sur le Scorbut observé à bord du vaisseau le Henri IV, pendant la campagne de Crimée. Thèse. 4° Montpellier 1858.

Guerard de la Quesnerie (Willealme). — Du traitement curatif de l'anus contre nature par la méthode de la suture simple. Thèse. 4° Paris 1871.

Guillabert (Georges). — Essai sur le mal de mer. Thèse. 4° Paris 1859.

Guillabert (Louis Victor). — Nouvelles études sur la taille médio-latéralisée. Thèse. Paris 1857.

Guiol (J.). — Quelques considérations cliniques à propos d'un cas de plaies pénétrantes de la poitrine et de l'abdomen. Thèse. 4° Montpellier 1870.

Gümbel (C. W.). — Die geognostiche Durchforschnung Bayerns. 4° Munich 1877.

Hagen (Herm. A.). — Révision critique des Phryganides décrites par Ch. Rambur d'après l'examen des individus types. 8° Bruxelles 1860. — voir Selys-Longchamps (Edm. de).

Hanstein (Johannes). — Christian Gottfried Ehrenberg. Ein Tagwerk auf dem Felde der Naturforschung des neunzehnter Jahrhunderts. 8° Bonn 1877. — Die Parthenogenesis der Cælebogyne ilicifolia. Nach gemeinschaftlich mit Alexander Braun angestellten Beobachtungen mitgetheilt. 8° Bonn 1877.

* Hayden (F. V.). — voir : Washington, U. S. geological Survey of the Territories.

Hénocque (Albert William Léon). — Du mode de distribution et de la terminaison des nerfs dans les muscles lisses. Thèse. 4° Paris 1870.

Henry (James). — Æneidea, or critical, exegetical and esthetical Remarks on the Æneis, vol. I (livr. 1 à 3) ; II (1re livr.). Londres et Dublin 1873-1878.

* Herbich (Franz). — Geologische Beobachtungen in dem Ge-

biete der Kalkklippen, aus Ostrande des Siebenburgischen Erzgebirges. 8° Budapest 1878.

* Herder (F.-G. de). — Observations sur les époques du développement des plantes cultivées en pleine terre dans le Jardin botanique Impérial, et des plantes indigènes des environs de S^{t}-Petersbourg, faites pendant l'année 1873. 8° S^{t}-Petersbourg 1877.

Herman (Otto). — Magyarorszag Pok-faunaja. Ungarns Spinnen-Fauna. 4° Budapest 1876.

Heuzé (Gustave). — Exposition universelle de Vienne en 1873. Notice sur les objets exposés par la Direction de l'Agriculture. 8° Paris 1873. — Cartes, plans, dessins, documents historiques et statistiques, exposés à Vienne en 1873. Atlas pl°. Paris 1873. — La France agricole. Atlas contenant une notice sur les régions agricoles, 4 tableaux de statistique générale et 46 cartes géographiques et statistiques concernant les plantes agricoles, les animaux domestiques, l'enseignement agricole et vétérinaire et les associations agricoles et horticoles. f° Paris 1875.

Hiblot (E.). — Considérations sur l'évidement sous-périosté des os. Thèse. 4° Paris 1870.

Hippeau (Paul). — L. Figuier. Extrait de la Galerie contemporaine littéraire et scientifique. 4° Paris 1877.

Hiriart (Jean Baptiste). — Topographie médicale de l'Ile Sainte-Marie de Madagascar. Thèse. 4° Montpellier 1863.

* Hofmann (Aug. Wilh.). — Einleitung in die moderne Chimie ; nach einer Reihe von Vorträgen gehalten in dem Royal College of chemistry zu London. 5^{e} édit. 1 vol. 8° Brunswick 1871.

Holden (Edward S.). — Index Catalogue of books and memoirs on the transits of Mercury. 8° Cambridge 1878.

* Hooker (J. Dalton).— Report on the progress and condition of the Royal Gardens at Kew, during the year 1876. 8° Londres 1877. — Id. during the year 1877. 8° Londres 1878.

Horn (George H.). — voir Le Conte (John).

* Hornstein (Carl). — Über die wahrscheinliche Abhängigkeit des Windes von den Perioden der Sonnenflecke. 8°. Vienne 1877. — voir Observatoire I. et R. de Prague.

Horvath (Géza). — Monographia Lygæidarum Hungariæ. Magyarorszag Bodobacs féléinek Maganrajza. 4° Budapest 1875.

* Houzeau (J.-C.). — Catalogue des ouvrages d'astronomie et de météorologie qui se trouvent dans les principales bibliothèques de Belgique, préparé et mis en ordre à l'Observatoire Royal de Bruxelles. 1 vol. 8° Bruxelles 1878.

Huard (J.). — Quelques considérations sur la fièvre jaune observée dans diverses localités de la côte occidentale d'Afrique. Thèse. 4° Montpellier 1868.

Husseau (Adrien Charles Justin). — De la Paralysie diphthérique. Thèse. 4° Montpellier 1870.

Hyades (Paul). — Des méthodes générales d'opération de la cataracte et en particulier de l'extraction linéaire composée. Thèse. 4° Montpellier 1870.

Jackson (W.-H.). — Descriptive Catalogus of photographs of North American Indians. 8° Washington 1877.

Jacquemin (Emile André). — Considérations générales sur les plaies pénétrantes de l'articulation du genou. Thèse. 4°. Montpellier 1870.

Jauffrey (Pierre Joseph). — Aperçu sur le traitement chirurgical des névralgies de la face, et particulièrement de celles des rameaux sous-orbitaire et dentaire inférieur. Thèse. 4° Montpellier 1852.

Jean (Augustin). — Quelques considérations sur l'Hépatite et les abcès du foie observés au poste de Bakel (Haut Sénégal), au point de vue de l'étiologie et du traitement. Thèse. 4° Montpellier 1870.

Jephestone. — Le piante rampicanti. 12° Modène.

* Joly (E.) et A. Vayssière. — Sur le Prosopistoma punctifrons Latr. 4° Paris 1878.

* Jouan (Henri). — La Polynésie, ses productions, sa formation, ses habitants. 8° Caen 1878.

Judge (C.-R.). — List of the Mollusca existing in the neighbourhood of Cincinnati, Ohio. 16° Cincinnati 1876.

* Just (L.). — Botanischer Jahresbericht. Systematisch geordnetes Repertorium der Botanischen Literatur aller Länder. 4e année 1876 (livr. 1 à 3). 8° Berlin 1875. — Über die Einwirkung höherer Temperaturen auf die Erhaltung der Keimfähigkeit der Samen. 8° Breslau 1877.

Juvénal (Maximin François Joseph). — Quelques considérations sur lesb rûlures de la muqueuse des voies aériennes. Thèse. 4° Montpellier 1863.

Kermorvant (Clément). — Considérations sur les fractures de la colonne vertébrale. Thèse. 4° Montpellier 1870.

Kerpely (Antal). — Magyarorszag Vaskövei és vasterményei különös tekintettel a vas legfőbb chemiai és physikai tulajdonsagaira. 4° Budapest 1877.

Kirchhoff (C.-E.) et L. Wittmack. — Tillandsia argentea K. Koch et Versch. 8° Berlin 1876.

* Kjellman (F.-R.). — Bidrag till kännedomen af Kariska hafvets Algvegetation. 8° Stockholm 1877. — Om Spetsbergens marina, klorofyllförande Thallophyter, II. 8° Stockholm 1877. — Redogörelse för Prövens färd från Dicksons hamn till Norge samt för Kariska hafvets växt- och djurverld. 8° Stockolm 1877. — Über die Algenvegetation des Murmanschen Meeres an der Westküste von Nowaja Semlja und Wajgatsch. 4° Upsal 1877.

* Kolliker (Albert). — Über die Jacobson'schen Organe des Menschen. 4° Leipsig 1877.

Koner (W.) — Zur Erinnerung an das fünfzigjährige Bestehen der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin. 8° Berlin 1878.

Köppen (A.) — Zum fünfzigjährigen Jubiläum des Akademikers Gregor von Helmersen. 8° St-Petersbourg 1878.

* Kuhlmann (Fréd.). — Recherches scientifiques et publications diverses. 1 vol. 8° Paris 1877.

Kuntze (Otto). — Die Schutzmittel der Pflanzen gegen Thiere und Wetterungunst und die Frage vom salzfreien Urmeer. 8° Leipsick 1877.

La Boullaye-Le-Gouz (de). — Les voyages et observations du Sr de La Boullaye-le-Gouz, gentilhomme angevin, où sont décrits la religion, gouvernement et situation des Etats et Royaumes d'Italie, Grèce, Natolie, Syrie, Perse, Palestine, Caramanie, Kaldée, Assyrie, Grand-Mogol, Bizapour, Indes orientales des Portugais, Arabie, Afrique, Hollande, Grande-Bretagne, Danemark, Sologne, Iles et autres lieux d'Europe, Asie et Afrique, avec figures. 4° Paris Clousier 1657.

La Condamine (de). — Journal de voyage fait par ordre du Roi à l'Equateur, servant d'introduction historique à la mesure des trois premiers degrés du Méridien. 4° Paris 1751.

Lallumeau d'Ormay (M. J. E.). — Du Scorbut. Thèse. 4° Paris 1858.

Lambert (Gustave). — Considérations sur les fractures du crâne. Thèse. 4° Montpellier 1858.

* Lamont (J. von). — voir Observatoire de Munich.

* Lamy (A.). — Rapport sur les procédés de régénération du bioxyde de manganèse dans la fabrication du Chlore, et sur les titres de M. W. Weldon à la grande médaille de Lavoisier. 4° Paris 1877.

Lanessan (J. L. de). — Revue internationale des sciences, I et II (nos 1 à 52). 8° Paris 1878.

Lange (Michel John Charles). — De la Diphthérie. Relation d'une épidémie de cette maladie observée à Tong-Kéou (Cochinchine). Thèse. 4° Montpellier 1869.

Langellier-Bellevue (J.). — Essai sur l'étiologie, les formes et le traitement de la Dysenterie endémique de Saint-Pierre, Martinique. Thèse. 4° Montpellier 1867.

Lantoin (François Hilarion). — De la forme pectorale de la fièvre typhoïde. Thèse. 4° Montpellier 1865.

Lantsheer (M.F.). — Zelandia illustrata. Verzameling van kaarten, portretten, platen, enz. betreffende de oudheid en geschiedenis van Zeeland. II (1re livr.). 8° Middelbourg 1878.

La Quintinye (de). — Instruction pour les Jardins fruitiers et potagers avec un Traité des orangers et des réflexions sur l'Agriculture. Nouv. édit. revue et corrigée, augmentée d'une instruction pour la culture des fleurs, I et II. 4° Paris 1715.

Lauche (W.) et L. Wittmack. — Gymnogramme Heyderi Lauche. 8° Berlin 1877.

* Lavallée (Alphonse). — Arboretum Segrezianum. Enumération des arbres et arbrisseaux cultivés à Segrez (Seine-et-Oise). 1 vol. 8° Paris 1877.— L'obscurité est inutile pour obtenir des lilas blancs en serre. 8° Paris 1877. — L'origine de la pomme de terre et son introduction en Europe. 8° Paris 1877. — Le Brome de Schrader. 8° Paris 1865. — Les nouveaux conifères du Colorado et de la Californie. 8° Paris 1874. — Sur les fruits du Diospyros Schi-tse. 8° Paris 1877.

Leconte (Edouard Sébastien). — Considérations sur la pathologie des provinces du Bas-Danube. Thèse. 4° Montpellier 1869.

* Le Conte (John). — Tabular Synopsis of the Rhynchophora of America. 8° 1877. — The Rhynchophora of America, north of Mexico. 8° Philadelphie 1876.

Leeuwenhoek (Ant.). — Arcana Naturæ, ope et beneficio exquisitissimorum microscopiorum detecta, variisque experimentis demonstrata, etc. 3e édit. 4° Leyde 1708.

* Lefèvre (Th.).— Excursions malacologiques à Valenciennes, Soissons et Paris (Septembre 1876). 8° Bruxelles 1877.

Legoyt (A.). — Du progrès des agglomérations urbaines et de l'émigration rurale en Europe et particulièrement en France. 8° Marseille 1870.

Legrand. — La nouvelle Société indo-chinoise fondée par M. le marquis de Croizier et son ouvrage l'Art Khmer. 8° Paris 1878.

* Le Jolis (Auguste). — Notice historique sur la Société nationale des sciences naturelles de Cherbourg. 8° Cherbourg 1877.

Le Jolis (Gustave). — Du contrat de gage, civil et commercial. 8° Cherbourg 1877.

Lenthéric (Charles). — Les villes mortes du Golfe de Lyon. 1 vol. 16° Paris 1876.

Léon (Auguste Anatole). — De l'hôpital à bord des navires de l'Etat. Thèse. 4° Montpellier 1867.

Lépinois (de). — Voir Bonnescuelle de Lépinois.

Leroy (Osmond). — Etude sur l'infiltration urineuse dans la loge pénienne. Thèse. 4° Paris 1870.

Lesquereux (Leo). — Contributions to the fossil flora of the Western Territories. Part II. The tertiary Flora. 1 vol. 4° Washington 1878.

* Lindsay (Lord). — Dun Echt Observatory Publications. I et II. 4° Aberdeen 1874-1876. — Notes and suggestions to observers of the transit of Mercury, May 6, 1878. 4° Londres 1878.

* Lorentz (P.-G.). — La vegetacion del Nordeste de la provincia de Entre-Rios; Informe cientifico. 8° Buenos-Ayres 1878.

Loro (Germain). — Du Diabète sucré, de ses terminaisons. Thèse. 4° Montpellier 1870.

Loureiro. — Flora Cochinchinensis : sistens plantas in regno Cochinchina nascentes, quibus accedunt aliæ observatæ in Sinensi Imperio, Africa orientali, Indiæque locis variis, omnes dispositæ secundum systema sexuale Linneanum, labore ac studio Joannis de Loureiro, etc. I et II. 4° Lisbonne 1790.

Lucas (Félix). — Exposition universelle à Vienne en 1873. Etude historique et statistique sur les voies de communication de la France, d'après les documents officiels. 8° Paris 1873.

Mac Lachlan (Robert). — Notes additionnelles sur les Phryganides décrites par le Dr Rambur. 8° Bruxelles 1870. — Notes sur les Névroptères non-odonates recueillis en Mingrélie en 1868 par M. Théophile Deyrolle. 8° Bruxelles 1869. — voir Selys-Longchamps (de).

Maillard (Etienne Octave). — De la Lucilia hominivorax. Thèse. 4° Montpellier 1870.

Mailly (Ed.). — Essai sur la vie et les ouvrages de L. A. J. Quetelet. 1 vol. 16° Bruxelles 1875.

Malaspina (March. Giovanni). — Il Porto di Nisita, Cenni sull'uso dei moli a traforo. 8° Rome 1878.

* Malte-Brun (V.-A.). — L'expédition polaire anglaise en 1875. 8° Paris 1876. — Tableau géographique de la distribution ethnographique des nations et des langues au Mexique. 8° Nancy 1878.

Marat (Emile). — De l'Angine couenneuse épidémique. Thèse. 4° Montpellier 1857.

Marc (Jacques Marie). — Relation d'une épidémie de fièvre typhoïde qui a régné à Lorient sur les troupes de la Marine, dans l'hiver de 1864-1865. Thèse. 4° Montpellier 1866.

Maréchal (Jules). — Essai sur les fractures par coup de feu de l'extrémité supérieure de l'humérus. Thèse. 4° Paris 1878.

* Marignac (Ch.). — Sur les équivalents chimiques et les poids atomiques comme bases d'un système de notation. 8° Genève 1877. — Sur les terres de la Gadolinite. 8° Lausanne 1878. — Sur l'Ytterbine, terre nouvelle contenue dans la Gadolinite. 8° Genève 1878.

Masse (Edme.). — De l'enchondrome de la région parotidienne et de son traitement. Thèse. 4° Paris 1868.

Matthieu (A.). — Direction générale des forêts. Météorologie forestière. 8° Paris 1870.

Matton (Jean-Baptsite). — De la Teigne faveuse et de son traitement par une nouvelle méthode. Thèse. 4° Montpellier 1851.

Maurice (Gustave). — La houille et l'exploitation des houillières en Angleterre, par Warington W. Smyth, ouvrage traduit de l'anglais et augmenté de nombreuses notes et d'un appendice. 1 vol. 8° Paris 1872.

Maurin (François). — De l'amputation du pénis à la partie moyenne. Thèse. 4° Montpellier 1870.

Melsens. — De l'application du Rhé-électromètre aux paratonnerres des télégraphes. 8° Bruxelles 1877.

* Mercklin (C.-E. von). — Data aus der periodischen Entwicklung der Pflanzen im freien Lande des kaiserl. botan. Gartens zu St. Petersburg, im Jahre 1853. 8° Moscou 1857.

Merlin (Louis Baptiste). — Considérations sur le Choléra épidémique qui a sévi au bagne de Toulon en 1865. Thèse. 4° Montpellier 1866.

Mesguen (Paul). — De l'opération de la cataracte par extraction linéaire modifiée. Thèse. 4° Montpellier 1871.

Meyer (Victor). — De l'influence de la grossesse sur la Phthisie pulmonaire. Thèse. 4° Strasbourg 1867.

Michel (Louis). — Relation médico-chirurgicale de la campagne de la frégate à vapeur hopital le Christophe-Colomb dans la Mer noire. Variole. Typhus. Choléra. Thèse. 4° Montpellier 1861.

Michelot (Henry). — Le Portulan de partie de la Mer Méditerranée, ou le vray guide des pilotes costiers. 4° Marseille 1703.

Middendorff (A. Th. von). — Reise in den äussersten Norden und Osten Sibiriens während der Jahre 1843 und 1844. IV, 2e partie, 2° livr.: Die Thierwelt Sibiriens; 3e livr. Die Eingeborenen Sibiriens. 4° St-Petersbourg 1874-1875.

Moisson (Louis). — Essai sur l'ulcère de Cochinchine. Thèse. 4° Montpellier 1864.

* Morren (Charles). — La Belgique horticole, Annales d'horticulture belge et étrangère, XXIV à XXVII. 8° Liège 1874-1877. — La digestion végétale. Note sur le rôle des ferments dans la nutrition des plantes. 8° Bruxelles 1876. — L'énergie de la végétation, ou application de la théorie mécanique de la chaleur à la physiologie des plantes, 2e édit. 8° Liège 1876. — La théorie des plantes carnivores et irritables. 2e édit. 8° Liège 1876. — Hortus europæus. 8° Gand 1877. — Correspondance botanique. Liste des jardins, des chaires et des musées botaniques du Monde, 5e édit. 8° Liège 1877. — Principes élémentaires de physiologie végétale. 8° Gand 1877.

Mortillet (P. de). — Arboriculture fruitière. Les meilleurs fruits par ordre de maturité et par série de mérite; Culture et soins qu'ils réclament. I. Le Pêcher. II. Le Cérisier. III. Le Poirier. 3 vol. 8° Grenoble 1865-1868.

Mouillefert. — voir Cornu (Max).

Moursou (Joseph). — De la médication antiseptique dans la fièvre typhoïde avec quelques considérations sur la nature de cette fièvre et sur celle de la forme putride. Thèse. 4° Paris 1869.

* Muller (Albr.). — On the dispersal of non-migratory insects by atmospheric agencies. 8° Bâle 1877.

Napp (Ricardo). — La République Argentine, par Ricardo Napp, aidé de plusieurs collaborateurs. Ouvrage écrit par ordre du Comité central Argentin pour l'Exposition de Philadelphie. 1 vol. 8° Buenos-Ayres 1876.

Neumayer. — La tempête du 12 mars 1876. Note supplémentaire. 8° Bruxelles 1876.

* Nordstedt (O). — Bohusläns Œdogonieer. 8° Stockholm 1877. — Nonnullæ algæ aquæ dulcis brasilienses. 8° Stockholm 1877. — De Algis aquæ dulcis et de Characeis ex insulis Sandvicensibus a Sv. Berggren 1875 reportatis. 4° Lund 1878.

Normand (Alexis Louis). — Hygiène et pathologie de deux convois de condamnés aux travaux forcés, transportés de France en Nouvelle-Calédonie par la frégate la Sibylle, en 1866-1867. Thèse. 4° Paris 1869.

* Nyman (C. F.). — Conspectus Floræ Europææ, 1re livr. 8° Örebrö 1878.

Ollivier (Dominique Jean Gustave). — Etudes pratiques sur l'héméralopie. Thèse. 4° Montpellier 1857.

* Omalius d'Halloy (J.-J. d'). — Discours prononcé à la séance publique de la classe des sciences [de l'Académie Royale de Belgique] le 16 décembre 1866. 8° Bruxelles. 1866. [—] Biographie. 16°. [—] Notice bibliographique. 16°. Bruxelles 1874.

Orff (Carl von). — Bestimmung der geographischen Breite der Kgl. Sternwarte bei München. 4° Munich 1877.

Otis (George A.). — A Report to the Surgeon general on the transport of sick and wounded by pack animals. 4° Washington 1877.

* Packard. (A.-S.) jr. — Report on the Rocky mountain Locust and other insects now injuring or likely to injure field and garden crops in the Western States and Territories. 8° Washington 1877.

Pain (Philippe). — Des abcès phlegmoneux de la paroi sterno-costale chez l'homme. Thèse. 4° Montpellier 1870.

* Paris (amiral). — Souvenirs de marine conservés, ou collection de plans de navires et de bateaux de tous les pays tracés par les constructeurs ou marins désireux de ne pas laisser oublier ce qu'ils ont exécuté ou dirigé à la mer, pl. 1 à 26. f° Paris 1877.

Pascalis (Paul). — Quelques considérations sur les abcès sous-cutanés consécutifs à la Variole. Thèse. 4° Montpellier 1871.

* Pedicino (N.-A.). — Notizie intorno Giuseppe De Notaris. 4° Naples 1877. — Orto e Laboratorio botanico (della R. Scuola Superiore d'Agricoltura di Portici). 4° Naples 1876. — Relazione intorno al Congresso internazionale botanico di Amsterdam. 4° Naples 1877. — Studii sulla struttura e sulla maniera di accrescersi di alcuni fusti di piante dicotiledoni. 4° Naples 1876.

Peise (Louis). — Quelques considérations physiologiques sur le cerveau. Thèse. 4° Montpellier 1852.

Pelletan (J.). — Manuel pratique du microscope appliqué à la sériciculture. 16° Paris 1875.

Périnel (A.). — De la Hernie crurale et de son traitement. Thèse. 4° Montpellier 1871.

Petiiiot (Henri-Auguste). — Des plaies de l'abdomen en général et des plaies pénétrantes, suites de coups de feu en particulier. Thèse. 4° Paris 1870.

* Pfitzer (Ernst). — Beobachtungen über Bau und Entwicklung epiphytischer Orchideen : II. Über eigenthümliche Faserzellen im Gewebe von Aerides. III. Über das Vorkommen von Kieselscheiben bei den Orchideen. 8° Berlin 1877.

Pichaud (Joseph Adolphe). — Observations et réflexions sur 36 cas de fièvre intermittente invétérée traités par l'acide arsénieux, aux Iles du Salut (Guyane française). Thèse. 4° Montpellier 1864.

Pichez (Ernest). — De la Dysenterie endémique en Cochinchine. Thèse. 4° Montpellier 1870.

Pickering (Eduard). — Annual Report of the Director of Harvard College Observatory. 8° Cambridge 1877.

* Plateau (Félix). — Concours quinquennal des sciences naturelles ; période de 1872-1876. Rapport à M. le Ministre de l'Intérieur. 8° Bruxelles 1877. — L'instinct des insectes peut-il être mis en défaut par des fleurs artificielles ? Expériences faites à propos d'une observation de M. R.

Valette. 8° Paris 1876. — Recherches sur la structure de l'appareil digestif et sur le phénomène de la digestion chez les Aranéides dipneumones. 8° Bruxelles 1877. — Note additionnelle au mémoire sur les phénomènes de la digestion chez les insectes, publié en 1874. 8° Bruxelles 1877. — Considérations préliminaires sur les mouvements et l'innervation de l'organe central de la circulation chez les animaux articulés. 8° Bruxelles 1878.

* Plateau (J.). — Bibliographie analytique des principaux phénomènes subjectifs de la vision, depuis les temps anciens jusqu'à la fin du XVIII[e] siècle, suivie d'une bibliographie simple pour la partie écoulée du siècle actuel. Sections I à VI. 4° Bruxelles 1877-1878.

Plomb (Jules). — Du Béribéri dans ses rapports avec le Scorbut. Etude d'hygiène et de pathologie exotiques. Thèse. 4° Montpellier 1870.

Pommier (Charles Laurent François). — Relation médicale d'une campagne dans le Golfe du Mexique. Thèse. 4° Montpellier 1868.

Prat (Etienne). — Considérations pratiques sur quelques cas chirurgicaux qui se sont présentés à nous durant notre séjour à Taïti (Océanie), en qualité de chef du service de santé. Thèse. 4° Montpellier 1859.

* Preudhomme de Borre (A.).— Notice sur les espèces des tribus des Panagéides, des Loricérides, des Licinides, des Chlæniides et des Broscides qui se rencontrent en Belgique. 8° Bruxelles 1878.

† Pujazon (Don Cecilio). — Principios de meteorologia. Exposicion elemental de la doctrina del vento y del tiempo segun las investigaciones mas recentes, escritta en aleman por H. Mohn, y traducida, con autorizacion del autor, por C. Pujazon. 1 vol. 8° San Fernando 1878. — Paso de Mercurio por el disco del Sol. 4° San Fernando 1878. — voir Observatoire de San Fernando.

Quétand (Ernest Alfred Antoine). — Topographie médicale de quelques contrées de la côte occidentale d'Afrique. Thèse. 4° Montpellier 1871.

* Quetelet (Adolphe).— Observations des phénomènes périodiques pendant l'année 1871 ; pendant l'année 1872. 4° Bruxelles. — voir Observatoire de Bruxelles.

† Quetelet (Ernest). — Annales météorologiques de l'Observatoire Royal de Bruxelles, VIII, IX et X. 4° Bruxelles 1875-1877. — La température de l'air à Bruxelles 1833-

1872, supplément. 4° Bruxelles 1876. — La comète de Coggia observée à Bruxelles. 8° Bruxelles 1874. — « Aréographie, ou étude comparative des observations faites sur l'aspect physique de la planète Mars, par F. Terby. » Rapport. 8° Bruxelles 1874. — Observation de l'éclipse de soleil du 10 octobre 1874. 8° Bruxelles 1874. — Note sur la température de l'hiver de 1874-1875. 8° Bruxelles 1875. — Sur la période de froid du mois de décembre 1875. 8° Bruxelles 1875. — Quelques nombres caractéristiques relatifs à la température de Bruxelles. 8° Bruxelles 1875. — La tempête du 12 mars 1876. 8° Bruxelles 1876. — « Etudes sur la planète Mars, par F. Terby. » Rapport. 8° Bruxelles 1877. — « Rapport présenté au nom du Dépôt de la Guerre de Belgique à la Commission permanente de l'Association géodésique internationale. » Rapport. 8° Bruxelles 1876.

Quin (L. Charles). — Le Havre avant l'histoire et l'antique ville de l'Eure. 8° Havre 1876.

Raspail (Xavier). — Histoire naturelle des Merles. Mœurs et chasse des espèces qui fréquentent les environs de Paris. 8° Paris 1878.

Raynaud (Joseph Marcellin). — Du Purpura hæmorrhagica idiopathique. Thèse. 4° Montpellier 1866.

* Rees (M.). — Über den Soorpilz. 8° Erlangen 1877.

* Regel (E.). — Tentamen Rosarum Monographiæ. 8° St-Petersbourg 1877. — Descriptiones plantarum novarum et minus cognitarum. Fascic. V. 8° St-Petersbourg 1877.

Reynaud (Eugène Ferdinand). — Du traitement des fractures des membres inférieurs à bord des bâtiments. Thèse. 4° Montpellier 1857.

Reynaud (Joseph Ferdinand Alphonse). — Fièvres paludéennes de la Guyane. Thèse. 4° Montpellier 1857.

Ribeiro (José Silvestre). — Historia dos estabelecimentos scientificos, litterarios e artisticos de Portugal, nos successivos reinados da Monarchia. VI. 8° Lisbonne 1876.

Ricard (François Pierre). — Hygiène des entreprises à la partie intertropicale de la Côte occidentale d'Afrique, basée sur l'observation des faits hygiéniques les plus communs. Thèse. 4° Paris 1853.

* Riccardi (Paolo). — Suture anomale dell' osso malare in sei crani umani. Studii intorno ai crani Papuani. 8° 1877. — Divisione normale dell' osso malare nell' Uomo. 8° Modène 1878. — Studi antropologici intorno ad uno

scheletro di Accinese. 8° Milan 1878. — Intorno ad uno caso dubbio di divisione dell' osso malare. 8° Modène 1878. — Studi intorno ad alcune anomalie dell' osso malare nell' Uomo. 8° Florence 1878. — Intorno ad un caso di dente sopranumerarie nell' Uomo. 8° Florence 1878. — Studi intorno ad alcune anomalie del sistema dentario nell' Uomo. 8° Modène 1878. — Nota intorno ad alcune anomalie riscontrate nella regione palatina del crano umano. 8° Florence 1878. — Contribuzione allo studio delle anomalie del sistema dentario nell' Uomo. 8° Florence 1878. — Intorno ad una rara anomalia dell' osso malare dell' Uomo. 8° Florence 1878. — Saggio di studi e di osservazioni intorno all' attenzione nell' uomo e negli animali. I à IV. 8° Modène 1877.

Richie (F.). — Observations cliniques sur la thérapeutique du rhumatisme articulaire aigu. Thèse. 4° Montpellier 1870.

Rigubert (Félix Louis). — Quelques considérations sur l'uréthrotomie interne. Thèse. 4° Paris 1870.

* Rindfleisch (Georg Eduard). — Die Bösartigkeit der Carcinome dargestellt als eine Folge ihrer örtlichen Destructivität. 4° Leipzig 1877. — Rede zur Einweihung des neuen pathologischen Institutes in Würzburg am 2 November 1878. 8° Wurzbourg 1878.

Rit (Paul). — Essai sur la pourriture d'hopital. Thèse. 4° Montpellier 1869.

Rit (Joseph). — Quelques considérations sur les plaies produites par les scies circulaires mues par la vapeur. Thèse. 4° Montpellier 1870.

Romain (Emile.) — Souvenirs médicaux d'une campagne dans la station navale des Antilles et du golfe du Mexique. Thèse. 4° Montpellier 1865.

Rosny (Léon de). — Yô-San-Sin-Sets. Traité de l'éducation des vers-à-soie au Japon, par Sira-Kawa de Sendaï (Osyou), traduit pour la première fois du japonais. 8° Paris 1868.

Rossi (Michele Stefano de). — Il microfono nella meteorologia endogena. Studi ed esperienze. 8° Rome 1878.

Roudaire. — Rapport à M. le Ministre de l'Instruction publique sur la mission des Chotts et études relatives au projet de mer intérieure. 8° Paris 1876.

Roullet (Gaston). — Etude sur les principaux caractères de la dysenterie chronique des pays chauds et les lésions hépatiques qui l'accompagnent, suivie de considérations

sur l'emploi des eaux minérales et de l'hydrothérapie dans cette affection. Thèse. 4° Paris 1870.

* Roumeguère (Casimir). — Léon Dufour, botaniste. 8° Paris 1878.

Rousseau (Jules Paul). — De l'Endocardite ulcéreuse. Thèse. 4° Paris 1870.

Rouvier (A). — Observations sur les fièvres du Gabon (côte occidentale d'Afrique). Thèse. 4° Montpellier 1870.

Roux (Léon Adolphe). — Relation d'une épidémie de rougeole maligne. Thèse. 4° Montpellier 1869.

Roy (Louis). — De la guérison prompte et rapide du larmoiement consécutif aux rétrécissements du canal nasal par l'application de la galvanocaustique chimique interne. 8° Paris 1878.

Roziès (Jean). — Quelques considérations sur deux observations de fièvre typhoïde. Thèse. 4° Strasbourg 1867.

Ruolz (de). — Question des houilles. Mission en France et en Angleterre, I à III. 4 vol. 8° Paris 1872-1875.

Sabatier (François Henry). — Quelques considérations sur les maladies observées pendant une campagne dans les mers de Chine 1859-1863. Thèse. 4° Montpellier 1864.

Saint-Julien (Edouard de). — De la Néphrite albumineuse causée par l'impression du froid (a frigore) avec complication d'anasarque. Thèse. 4° Montpellier 1869.

Sambuc (Théophile). — De l'urine et de ses principales altérations au point de vue pathologique. Thèse. 4° Montpellier 1860.

Sanquer (Albert Marie). — Quelques mots sur le Tétanos. Thèse. 4° Paris 1869.

* Saussure (Henri de). — Mélanges orthoptérologiques, 5e et 6e fascicules : Gryllides. 4° Genève 1877-1878.

* Schiaparelli (G.-V.) et F. Denza. — Osservazioni delle meteore luminose, VI à IX. 16° Milan 1875-76 à 1878-79. — voir : Observatoire de Brera à Milan.

* Schomburgk (Richard). — Report relative to the economical value of the various species of South Australian Eucalypts. f° Adelaïde 1877.— Forest-tree planting and its influence on climate. 8° Adelaïde 1878. — Catalogue of the plants under cultivation in the Governement botanic Garden, Adelaide, South Australia. 1 vol. 8° Adelaide 1878. — Report on the progress and condition of the Botanic Garden and Governement plantations during the year 1876 ; id. 1877. 4° Adelaide 1877-1878.

* Selys-Longchamps (Baron Edmond de). — Additions à deux notices sur les Libellulidées, insérées précédemment dans les Bulletins de l'Académie [de Bruxelles]. 8° Bruxelles 1841. — Additions à la récapitulation des hybrides observés dans la famille des Anatidées. 8° Bruxelles 1856. — Additions au Catalogue des Insectes Odonates de la Belgique. 8° Bruxelles 1862. — Additions et corrections au Catalogue raisonné des Orthoptères de Belgique. 8° Bruxelles 1868. — Additions au Synopsis des Caloptérygines. 8° Bruxelles 1869. Secondes additions au Synopsis des Caloptérygines. 8° Bruxelles 1859. Troisièmes additions au Synopsis des Caloptérygines. 8° Bruxelles 1873. Appendice aux troisièmes additions au Synopsis des Caloptérygines. 8° Bruxelles 1873. — Apparition du Syrrhapte hétéroclite en Belgique. 8° Bruxelles 1864. — « Beiträge zur Ornithologie Griechenlands, par H. comte von der Mühle ». (Analyse). 8° Paris 1844. — Catalogue des Insectes Odonates de la Belgique. 8° Bruxelles 1859. — « Catalogue des Oiseaux d'Europe, offerts en 1856 aux ornithologistes par Emile Parzudaki, etc. » (Analyse). 8° Paris 1857. — Catalogue des Orthoptères de Belgique. 8° Bruxelles 1862.— Compte-rendu de l'excursion faite à la Baraque-Michel du 8 au 11 juillet 1871. 8° Bruxelles 1871. — Description de deux nouvelles espèces d'Eshna du sous-genre Anax (Leach). 8° Bruxelles 1839. — Discours prononcé sur la tombe de M. André Dumont. 8° Bruxelles 1857. — Enumération des Libellulidées de la Belgique. 8° Bruxelles 1840. — Instructions sur la chasse des Nevroptères. 16° Le Mans. — Liste des Libellules d'Europe et diagnose de quatre espèces nouvelles. 8° Paris 1848. — Note sur deux excursions faites en 1872 vers les Hautes-Fagnes. 8° Bruxelles 1872. — Note sur deux espèces de Musaraignes observées nouvellement en Belgique. 8° Bruxelles 1841. — Note sur deux oiseaux observés en Belgique. 8° Bruxelles 1859. — Note sur la famille des Récurvirostridées. 8° Bruxelles 1851. — Note sur le Mus agrestis de Linné. 8° Paris 1841. — Note sur le Passer pusillus (Pallas) et sur la Sylvia ieterina (Vieillot). 8° Paris 1847. — Note sur les Névroptères Odonates recueillis en Mingrélie en 1868 par M. Théophile Deyrolle. 8° Bruxelles 1869. — Note sur plusieurs Odonates de Madagascar et des Iles Mascareignes. 8° Paris 1872. — Note sur une

excursion à Maeseyck faite le 20 et le 21 juin 1874. — Note sur une migration de Cassenoix (Nucifraga). 8° Bruxelles 1844. — Note sur une nouvelle Mésange d'Europe. 8° Bruxelles 1843. — Note sur une variété pyramidale du Populus virginiana Desf. (P. monilifera Ait.). 8° Bruxelles 1864. — Note sur un voyage scientifique fait en Allemagne, en Autriche et en Hongrie en 1876. 8° Bruxelles 1876. — Notice bibliographique sur M. Edm. de Selys-Longchamps. 12° Bruxelles 1874. — Notice sur Constantin Wesmael. 12° Bruxelles 1874. — Notice sur l'Hirondelle Rousseline d'Europe et sur les autres espèces du sous-genre Cecropis. 8° Bruxelles 1855. — Notice sur les Beccroisés leucoptère et bifascié (Loxia leucoptera et bifasciata). 8° Bruxelles 1846. — Notice sur une nouvelle espèce de Némoptère. 8° Bruxelles 1866. — Nouvelle révision des Odonates de l'Algérie. 8° Bruxelles 1871. — Nouvelles additions aux Libellulidées de la Belgique, de 1840 à 1843. 8° Bruxelles 1843. — Nouvelles Libellulidées d'Europe. 8° Paris 1841. — Odonates des Iles Seychelles. 8° Bruxelles 1869. — Observations sur l'ouvrage de M. Lesson, intitulé : « Nouveau tableau du Règne animal ». 8° Paris 1842. — « Rectification à la note de M. Dewalque, sur l'époque à laquelle Tetrao Lagopus a disparu de la Belgique, par M. H. Schuermans ». (Rapport). 8° Bruxelles 1873. — Résumé concernant les Oiseaux brevipennes mentionnés dans l'ouvrage de M. Strickland sur le Dodo. 8° Paris 1848. — Révision des Psocides décrites par Rambur, suivie de la liste des espèces de cette famille observées jusqu'ici en Belgique. 8° Bruxelles 1873. — « Revue critique des Oiseaux d'Europe, par H. Schlegel ». (Analyse). 8° Paris 1845. — Sur l'aberration ichnusoïde de la Vanessa Urticæ. 8° Bruxelles 1874. — Sur la Faune de Belgique. Bruxelles 1854. — Sur la pêche fluviale en Belgique. 8° Bruxelles 1866. — Sur le Calendrier de Faune en Belgique. 8° Bruxelles 1852. — Sur les animaux vertébrés de la Belgique utiles ou nuisibles à l'agriculture. 8° Bruxelles 1861. — « Synonymia Libellularum europæarum, auctore Herm. Aug. Hagen ». [Analyse]. 8° Paris 1841. — Synopsis des Agrionines. Première légion : Pseudostigma. 8° Bruxelles 1860. Dernière légion : Protonevra. 8° Bruxelles 1860. Seconde légion : Lestès. 8° Bruxelles 1862. Troisième légion : Podagrion. 8° Bru-

xelles 1862. Quatrième légion : Platycnemis. 8° Bruxelles 1863. Cinquième légion : Agrion. 8° Bruxelles 1865. Cinquième légion : Agrion (suite). 8° Bruxelles 1876. Cinquième légion : Agrion (suite et fin). 8° Bruxelles 1877. — Synopsis des Cordulines. 8° Bruxelles 1871. Additions au Synopsis des Cordulines. Bruxelles 1874. — Synopsis des Gomphines. 8° Bruxelles 1854. Additions au Synopsis des Gomphines. 8° Bruxelles 1859. Nouvelles additions au Synopsis des Gomphines. 8° Bruxelles 1869. Troisièmes additions au Synopsis des Gomphines. 8° Bruxelles 1873. — « The Dodo and his kindred, etc. by H. E. Strickland (Analyse). 8° Paris 1848 ». — Selys-Longchamps (Ed.). et Michel Chaye. — Observations sur l'Etat de la végétation à Waremme pendant le mois de janvier et au 20 mars 1853. 8° Bruxelles 1853. — Selys-Longchamps (Ed.). et H.-A. Hagen. — Monographie des Caloptérygines. 1 vol. 8° Bruxelles 1854. — Monographie des Gomphines. 1 vol. 8° Bruxelles 1858. — Selys-Longchamps (Ed.) et Mac-Lachlan.— Matériaux pour une Faune névroptérologique de l'Asie Septentrionale. 8° Bruxelles 1872.

† Serres. — Recherches d'anatomie transcendante et pathologique. Théorie des formations et des déformations organiques, appliquée à l'anatomie de Ritta-Christina, et de la duplicité monstrueuse. 1 vol. 4° Paris 1832.

Siciliano (A.). — Quelques considérations sur l'infection palustre à bord des navires. Thèse. 4° Montpellier 1870.

Siegen (P.-M.). — voir Wied.

Smyth (W.). — voir Maurice.

Soraluce y Zubizarreta (D. Nicolas de). — Introducion, capitulo I y otras descripciones de la Memoria acerca del origen y curso de las pescas y pesquerias de Ballenas y de Bacalaos, asi que sobre el descubrimento de los bancos é isla de Terranova. 4° Vitoria 1878.

Stoll (Rudolf). — Wiener Obst- und Garten-Zeitung. Illustrirte Monatsschrift für Pomologie und die gesammte Gärtnerei, herausgegeben von A. W. Freihern von Babo. Redigirt von Dr Rudolf Stoll. T. II, n° 10. 4° Vienne 1877.

Surell (Alexandre). — Etude sur les torrents des Hautes-Alpes, 2e édit. avec une suite par Ernest Cézanne, I et II, 2 vol 8° et 2 cartes géologiques pl°. Paris 1872.

Thaly (H.-D.). — De l'anesthésie locale dans l'opération de

l'ovariotomie. Quelques considérations sur cette opération. Thèse. 4° Montpellier 1870.

* Théel (Hjalmar). — Mémoire sur l'Elpidia, nouveau genre d'Holothuries. 4° Stockolm 1877. — Note sur quelques Holothuries des mers de la Nouvelle-Zemble. 4° Upsal 1877.

Thevenot (Arsène). — Biographie de Charles-Eugène Delaunay, membre de l'Institut, directeur de l'Observatoire de Paris (1816-1872). 8° Troyes 1878.

Thibaut (A.). — Nouveau Dictionnaire français-hongrois et hongrois-français, I et II. 16° Pest 1873.

Thomas (Félix). — Examen des principaux procédés de la restauration de la lèvre inférieure. Etude d'un procédé nouveau modifiant celui de Syme. Thèse. 4° Montpellier 1870.

* Thuret (Gustave). — Etudes phycologiques. Analyses d'Algues marines par M. Gustave Thuret, publiées par les soins de M[r] le D[r] Edouard Bornet. Ouvrage accompagné de 50 planches gravées d'après les dessins de M. Riocreux, 1 vol. f° Paris 1878.

* Todaro (Agostino). — Hortus botanicus Panormitanus, sive plantæ novæ vel criticæ quæ in horto botanico panormitano coluntur descriptæ et iconibus illustratæ. fasc. VII à IX f° Palerme 1877.

Toye (L.-M. Michel). — Note sur l'art médico-chirurgical chez les Chinois. Thèse. 4° Montpellier 1864.

Turrel (Jacques Laurent). — Essai sur l'Angioleucite. Thèse. 4° Paris 1844.

Ulivi (P. Giotto). — La nuova teoria di riproduzione. Osservazioni e considerazioni. 8° Florence 1878.

Valmont de Bomare. — Dictionnaire raisonné universel d'histoire naturelle, nouvelle édition, etc. T. I à IX. 8° Paris 1775.

Van den Berg. — Voir Berg (van den).

Vayssière (A.). — Voir Joly.

Verlot (B.). — Rapport de la Commission chargée de visiter les collections dendrologiques de Segrais. 8° Paris 1875.

Villaret (Pierre-Auguste). — Considérations théoriques et pratiques sur les fractures de la jambe et sur leur traitement à l'aide de l'appareil amovo-inamovible. Thèse. 4° Montpellier 1859.

Villette (Emile Jules). — Fièvre typhoïde sidérante et régu-

lière (endémo-épidémie observée en Grèce), comparaison avec le typhus. Thèse. 4° Paris 1857.

Volbehr (Friedrich). — Die Einweihungsfeier des neuen Universitäts-Gebäudes zu Kiel, 24. bis 26. Oktober 1876. 8° Kiel 1876.

Walter (Richard). — voir Anson.

* Weyenbergh (H.). — Description détaillée d'une nouvelle espèce de la famille des Distomides (Distoma pulcherrimum). 8° Cordoba 1877. — Caso letal por la mordedura de una araña de la especie llamata Segestria perfida. Walck. 8° Cordoba 1877. — Informe sobre una excursion zoologica en la Sierra de Cordoba ejecutada en Màrzo de 1876. 8° Cordoba 1876. — Informe sobre una excursion zoologica à Santa Fé, practicada en 1876. 8° Cordoba 1876. — Noticias biologicas y anatomicas sobre el Yacaré o Alligator Sclerops L. 8° Cordoba 1876. — Algunos nuevos pescados del Museo nacional, y algunas noticias ictiologicas. 4° Buenos-Ayres 1877. — Dolichotis centralis Weyenb., una nueva especie de Subungulata de Sud-America. 8° Cordoba 1877.

Wied (N.) et P. M. Siegen. — Carte géologique du Grand Duché de Luxembourg ; 9 feuilles pl° Paris 1877. — Guide de la carte géologique du Grand-Duché de Luxembourg. 8° Luxembourg 1877.

* Wild (Heinrich). — Meteorologitcheskiï sbornik. Repertorium für Meteorologie. T. V. (2e part. et suppl.). 4° Saint-Petersbourg. — voir Observatoire physique central de Russie.

* Wittmack (L.). — Über einein bei Berlin und vielleicht überhaupt in Deutschland bisher nicht beachteten Rosenpilz : Perenospora sparsa Berk. — Neue Oelfruchte. 8° Berlin 1877. — Über eine neun Europa eingeführte Oelsaat. — Über die Verfälschung der Luzernesamen mit denen von Medicago arabica L. und noch mehr mit denen von M. hispida γ. denticulata Urb. 8° Berlin 1877. — Über Carica Papaya. 8° Berlin 1878.

* Wolf (Rudolf.)— Astronomische Mittheilungen, XLIV à XLVII. 8° Zurich 1877-1878.

* Zetterstedt (J. E.).— Hepaticæ Kinnekullenses, 8° Stockholm 1877. — Supplementum ad dispositionem Muscorum frondosorum in monte Kinnekulle nascentium. 8° Stockholm 1877.

LISTE DES MEMBRES

DE LA

SOCIÉTÉ NATIONALE DES SCIENCES NATURELLES

ET MATHÉMATIQUES DE CHERBOURG.

Bureau de la Société.

Membres Fondateurs.

MM.

C^te^ Th. Du MONCEL, O ✻, directeur honoraire.
Aug. LE JOLIS, I ❦, directeur et archiviste-perpétuel.
Emm. LIAIS, ✻, secrétaire-perpétuel honoraire.

Bureau élu pour 1878.

CARLET, O ✻, A ❦, président.
D^r^ GUIFFART, vice-président.
BERTIN, ✻, I ❦, secrétaire.
LEVIEUX, trésorier.

Bureau élu pour 1879.

D^r^ GUIFFART, président.
Aug. LE JOLIS, I ❦, vice-président.
BERTIN, ✻, I ❦, secrétaire.
JOUAN, O ✻, A ❦, trésorier.

Membres honoraires.

C^te^ Th. Du MONCEL, O ✻, membre de l'Institut.
D^r^ Ed. BORNET, botaniste.

Membres titulaires.

1re Section. Sciences médicales.

Dr GUIFFART, directeur de la santé, médecin en chef de l'hospice civil.
Dr MONNOYE.
Dr RENAULT, président de la Société d'horticulture.

2e Section. Histoire naturelle et Agriculture.

Aug. LE JOLIS, I ❦, Dr, ès-sciences, commandeur et chevalier de plusieurs ordres.
JOSEPH-LAFOSSE, propriétaire à St-Côme-du-Mont.
G. COURNERIE, chimiste.
J. FLEURY, professeur à l'Université de St-Pétersbourg.
HERVÉ-MANGON, C ❋, de l'Institut, à Ste-Marie-du-Mont.
J. DUFRESNE, O ❋, Sénateur, inspecteur général des Ponts-et-Chaussées.
POULIN, O ❋, I ❦, préfet de la Manche.
De la LOYÈRE, ❋, A ❦, sous-préfet de Cherbourg.
Bon Arthur de SCHICKLER, à Martinvast.

3e Section. Géographie et Navigation.

H. JOUAN, O ❋, A ❦, capitaine de vaisseau.
ARNAULT, ❋, lieutenant de vaisseau.
CHABIRAND, ❋, lieutenant de vaisseau.
FOURNIER (Ernest), O ❋, lieutenant de vaisseau.
MOTTEZ, C ❋, contre-amiral.
VIGNES, O ❋, capitaine de vaisseau.
BONAMY de VILLEMEREUIL, O ❋, capitaine de frégate.
CABANELLAS, O ❋, lieutenant de vaisseau.
DELAUNAY, ❋, lieutenant de vaisseau.
DELAGRANGE, ❋, capitaine de frégate.
Bon ROUSSIN, G O ❋, vice-amiral.
Vicomte DE BIZEMONT, ❋, A ❦, capitaine de frégate.
RIBOURT, C ❋, vice-amiral, préfet maritime, commandant en chef.

4e Section. Sciences physiques et mathématiques.

Emm. LIAIS, ✻, directeur de l'observatoire de Rio-Janeiro.
L. L. FLEURY, physicien.
JOYEUX, O ✻, directeur de l'Ecole d'application du Génie maritime.
VIBERT, I ⚜, inspecteur d'académie.
JOFFRÈS, A ⚜, professeur de physique.
BERTIN, ✻, I ⚜, docteur en droit, ingénieur des Constructions navales.
BODEN, ✻, ingénieur des Constructions navales.
DE MAUPEOU D'ABLEIGES, ✻, ingénieur des Constructions navales.
CARLET, O ✻, A ⚜, ingénieur des Constructions navales.
CHORON, ingénieur des Constructions navales.
POLLARD, ingénieur des Constructions navales.
CLAVENAD, ingénieur des Ponts-et-Chaussées.

Membres correspondants

ABELEVEN, secrétaire de la Soc. botan. néerlandaise à Nimègue.
ABENDROTH, secrétaire de la Soc. de géog. de Dresde.
ABRIA, professeur de physique à la faculté de Bordeaux.
AGARDH (J.-G.), prof. de botan. à l'univers. de Lund.
AGASSIZ (Alex.), direct. du musée zoolog. de Cambridge (E. U.).
AGUILAR Y VELA, directeur de l'observatoire de Madrid.
AIRY (G.-B.), directeur de l'observatoire de Greenwich.
ALEXANDROWICZ, direct. du jardin botan. de Varsovie.
AMBROSI, directeur du musée de Trente (Tyrol).
ANDERSSON (N.-J.), membre de l'académie de Stockholm.
ANDRAL, professeur l'école de médecine de Paris.
ANTOINE, (Charles), ingénieur de la Marine, à Brest.
AOUST (l'abbé), professeur de mathématiques à la faculté de Marseille.
ARDISSONE, professeur de botanique, à Milan.
ARESCHOUG (F. W. C.), botaniste, à Lund.
ARESCHOUG (J. E.), prof. de bot. à l'université d'Upsal.

ASCHERSON, botaniste, à Berlin.
BABINGTON (Ch. Cardale), prof. de botan., à Cambridge.
BAILLON, professeur à l'école de médecine de Paris.
BAIRD (Spencer), secrét. de l'Institution Smithsonienne, à Washington.
BAKER (J. G.), botaniste, à Londres.
BALFOUR, directeur du jardin botanique d'Edimbourg.
BALL (R. S.), professeur de mathématiques à l'université de Dublin.
BALSAMO-CRIVELLI, professeur de zoologie, à Pavie.
BARANIECKI, prof. de botanique à l'université de Kijew.
BARBOSA DU BOCAGE, directeur du musée de Lisbonne.
BARNABY (Nath.), membre de la soc. royale, à Londres.
BAUMHAUER, secrét. de la soc. des sciences de Harlem.
BECQUEREL, prof. au Conservatoire des arts et métiers, à Paris.
BÉKÉTOFF, prof. de bot. à l'université de St-Pétersbourg.
BELL (Thomas), professeur de zoologie, à Londres.
BENNETT (George), naturaliste, à Sidney.
BENTHAM, président de la société Linnéenne de Londres.
BERGSMA, directeur de l'observatoire de Batavia.
BERKELEY (Rev. Miles), botaniste, à Wansford.
BERNARD, secrét. général de la soc. Linn. de Bruxelles.
BERT (Paul), prof. de physiologie à la faculté de Paris.
BERTHELOT, membre de l'Institut, à Paris.
BERTRAND, secrét. perpét. de l'acad. des sc., à Paris.
BESCHERELLE (E.), botaniste, à Paris.
BIANCONI, professeur à l'université de Bologne.
BIESIADECKI, prof. d'anatomie à l'université de Cracovie.
BLACHE, ancien directeur de la santé, à Marseille.
BLANCHARD, membre de l'Institut, à Paris.
BLASERNA, professeur de physique, à Rome.
BLOMSTRAND, prof. de chimie à l'université de Lund.
BLUMENTHAL, secrét. de la soc. des sc. nat. de Francfort.
BLYTT (Axel), conservateur du musée bot. de Christiania.
BOHNENSIEG, bibliothécaire, à Harlem.
BOILEAU, membre de l'Institut, à Versailles.
BOIS-REYMOND (Em. du), membre de l'acad. de Berlin.

BOISSIER (Edmond), botaniste, à Genève.
BOLLE (Carl), botaniste, à Berlin.
BOLTON (H. Carrington), professeur à l'école des mines, à New-York.
BOMMER, professeur de botanique à Bruxelles.
BOUNIAKOWSKI, v.-prés. de l'académie des seienees de Saint-Pétersbourg.
BOURGET, directeur des études de Sainte-Barbe, Paris.
BOUSSINESQ, prof. de mathématiques à la fac. de Lille.
BOUSSINGAULT, membre de l'Institut, à Paris.
BOUTELOU, directeur du jardin botanique de Madrid.
BOUTILLIER, présid, de la soe. des sc. nat. de Rouen.
BRANDT, membre de l'acad. des sc. de Saint-Pétersbourg.
BRIOSCHI, directeur de l'Institut technique, à Milan.
BROCA (Paul), présid. de la soc. d'anthropologie, à Paris.
BRUHNS, directeur de l'observatoire de Leipsiek.
BUCHENAU (Franz), botaniste, à Brême.
BUHSE, botaniste, à Riga.
BUNGE, directeur du jardin botanique, à Dorpat.
BUNSEN, prof. de chimie à l'université de Heidelberg.
BUREAU, professeur de botanique, à Paris.
BURG (Baron A. de), présid. de la soeiété des se. nat. de Vienne.
BURMEISTER, directeur du muséum de Buenos-Ayres.
BUSSY, membre de l'Institut, à Paris.
BUYS-BALLOT, directeur de l'observatoire d'Utreeht.
CAHOURS, membre de l'Institut, à Paris.
CALIGNY (marquis de), corresp. de l'Institut, à Versailles.
CAMINHOA (Joaq.-Monteiro), professeur à l'université de Rio-Janeiro.
CANTONI, professeur de physique, à Pavie.
CARDILE (Giuseppe), médeein, à Palerme.
CARPENTER (William), naturaliste, à Londres.
CARRUTHERS, botaniste au British Museum, Londres.
CARTAILHAC, seerét. de la soc. d'hist. nat. de Toulouse.
CARUEL, directeur du jardin botanique de Pise.
CASPARY, direeteur du jardin botanique de Kœnigsberg.
CASTELLO DE PAIVA, naturaliste, à Madère.

CASTRACANE (comte-abbé Francesco), botan., à Rome.
CAVENTOU, chimiste, à Paris.
CAYLEY (Arthur), prof. de mathématiques, à Cambridge.
CELAKOVSKY, prof. de botanique à l'université de Prague.
CESATI (Vincente de), directeur du jardin botan., à Naples.
CHATEL (Victor), agronome, à Valcongrain (Calvados).
CHATIN, de l'Inst., direct. de l'école de pharmacie, à Paris.
CHEVREUIL, directeur du muséum d'hist. natur. à Paris.
CIALDI, membre de l'académie des Lincei, à Rome.
CLERMONT (de), chimiste, à Paris.
CLOQUET (Jules), membre de l'Institut, à Paris.
CLOS, directeur du jardin des plantes, à Toulouse.
CLOUÉ (V.-A.), commandant l'escadre de la Méditerranée.
COCCHI, professeur de géologie, à Rome.
COELHO (J.-M.-Latino), secrétaire de l'acad. de Lisbonne.
COHN (Ferd.), prof. d'hist. nat. à l'université de Breslau.
COLBEAU (Emile), naturaliste, à Bruxelles.
COLBEAU (Jules), secrétaire de la soc. malacologique de Bruxelles.
COLLADON (Daniel), professeur de physique, à Genève.
COLLIN (Zacharias), professeur à Helsingborg.
COLMEIRO, directeur du jardin botanique de Madrid.
COLNET-D'HUART (de), prof. de physique, à Luxembourg.
CONTEJEAN, prof. d'hist. nat. à la faculté de Poitiers.
CORENWINDER, agronome, à Haubourdin, près Lille.
CORNALIA, présid. de la soc. des naturalistes de Milan.
CORNU (Maxime), botaniste à Paris.
COSSA, professeur de chimie au musée royal de Turin.
COSSON, membre de l'Institut, à Paris.
COTTEAU, naturaliste, à Auxerre.
COULON, présid. de la soc. des sc. natur. de Neuchâtel.
CREMONA, directeur de l'école des ingénieurs, à Rome.
CREPIN, directeur du jardin botanique de Bruxelles.
CRIÉ, professeur à la faculté de Rennes.
CURREY, secrétaire de la société Linnéenne de Londres.
CUYPER (de), professeur à l'université de Liège.
CUZENT, ancien pharmacien de la Marine, à Brest.
DANA (James D.), naturaliste, à Newhaven.

DARESTE, prof. d'hist. natur. à la faculté de Lille.
DARWIN (Charles), naturaliste, à Down Bromley (Kent).
DAUBRÉE, membre de l'Institut, à Paris.
DAUSSE, ingénieur en chef des ponts-et-chaussées.
DE BARY (Anton), prof. de bot. à l'université de Strasbourg.
DECAISNE (Jos.), membre de l'Institut, à Paris.
DE CANDOLLE (Alphonse), prof. de botanique à Genève.
DE CANDOLLE (Casimir), botaniste, à Genève.
DE LA TOURNERIE, ingénieur des ponts-et-chaussées, à Alençon.
DELESSE, ingénieur en chef des mines, à Paris.
DEL GIUDICE, secrét. de l'inst. d'encouragement, à Naples.
DELPONTE, directeur du jardin botanique de Turin.
DENZA, directeur de l'observatoire de Moncalieri.
DERBÈS, prof. de botanique à la faculté de Marseille.
DESAINS, membre de l'Institut, à Paris.
DESLONGCHAMPS (Eug.), prof. à la faculté des sc. de Caen.
DESSAIGNES, chimiste, à Vendôme.
DEWALQUE, professeur de géologie, à Liège.
DICKIE, professeur de botanique, à Aberdeen.
DOBERCK, direct. de l'observatoire de Markree (Irlande).
DOELL, botaniste, à Carlsruhe.
DOLLFUS (Aug.), présid. de la soc. industrielle de Mulhouse.
DOLLFUS (Gustave), géologue, à Paris.
DONNY, chimiste, à Gand.
DOVE, membre de l'académie des sciences de Berlin.
DRECHSLER, professeur, à Dresde.
DROUET (Henri), naturaliste.
DUBRUEIL, naturaliste, à Montpellier.
DUBY DE STEIGER, botaniste, à Genève.
DUCHARTRE, membre de l'Institut, à Paris.
DUMAS, secrét. perpét. de l'acad. des sciences, à Paris.
DURAND (abbé), membre de la soc. de géographie, à Paris.
DUTREUX, naturaliste, à Luxembourg.
DUVAL-JOUVE, botaniste, à Montpellier.
EICHLER, prof. de botanique à l'université de Berlin.
ENGELMAN, prof. de bot. à Saint-Louis (Missouri).
ERMAN, membre de l'acad. des sciences de Berlin.

ERNST, directeur du jardin botanique de Caracas.
ETTINGSHAUSEN (C. von), à Grætz.
FAIVRE, directeur du jardin des plantes, à Lyon.
FALKENBERG, botaniste, à Gœttingue.
FAMINTZINE, prof. à l'université de St-Pétersbourg.
FARLOW, professeur de botanique, à Boston.
FAUDEL, secrétaire de la soc. d'histoire natur. de Colmar.
FAUVEL (Albert), inspecteur des douanes, à Chefoo (Chine).
FAUVEL, entomologiste, à Caen.
FAVRE (Alph.), professeur à l'université de Genève.
FAYE, membre de l'institut, à Paris.
FENZL, directeur du jardin botanique de Vienne.
FIGUIER (Louis), à Paris.
FILHOL, directeur de l'école de médecine de Toulouse.
FISCHER de WALDHEIM, prés. de la société des natur. de Moscou.
FIZEAU, membre de l'Institut, à Paris.
FONSSAGRIVES, prof. à la faculté de méd. de Montpellier.
FOURNIER (Eugène), botaniste, à Paris.
FRÉMY, membre de l'Institut, à Paris.
FRIES (Theodor), professeur à l'universite d'Upsal.
FUNCK, directeur de la société de zoologie, à Bruxelles.
GARBIGLIETTI, prof. à la faculté de médecine de Turin.
GARNIER, président de la société Linnéenne d'Amiens.
GAROVAGLIO, prof. de botanique à l'université de Pavie.
GASPARIS (de), directeur de l'observatoire de Naples.
GASSIES, naturaliste, à Bordeaux.
GENNARI, recteur de l'université de Cagliari.
GERMAIN de St-PIERRE, botaniste, à Paris.
GIEBEL, professeur de zoologie, à Halle,
GILKINET, botaniste, à Liège.
GIORDANO, ingénieur en chef des mines, à Rome.
GIRARDIN, correspondant de l'Institut, à Rouen.
GLAZIOU, directeur du jardin publie de Rio-Janeiro.
GOBI, professeur à l'Université de St-Pétersbourg.
GODEFROI, sécrét. de la soc. des arts et sc. de Bois-le-Duc.
GODLEWSKI, prof. à l'école polytechnique de Lemberg.
GODRON, doyen honoraire de la faculté des se. de Nancy.

GOEPPERT, directeur du jardin botanique de Breslau.
GOMEZ (B. A.), naturaliste, à Lisbonne.
GRAELLS (M. de la Paz), botaniste à Madrid.
GRAHAM, astronome, à Cambridge.
GRAY (Asa), professeur de botanique, à Boston.
GRŒNLAND (Joh.), botaniste, à Dahme.
GROVE, professeur de physique, à Londres.
GRUBE, professeur de zoologie, à Breslau.
GRUNOW (Albert), botaniste, à Bernsdorf.
GUNTHER, naturaliste au Bristish Museum, Londres.
GUYOU, lieutenant de vaisseau.
HAAST, géologue du Gouvernement de la Nouvelle-Zélande, à Christchurch.
HANSTEIN, professeur de botan. à l'université de Bonn.
HARTIG, directeur des forêts, à Brunswick.
HARTING, directeur du jardin botanique d'Utrecht.
HAUCHECORNE, chimiste, à Yvetot.
HAUER (Franz von), présid. de l'Institut géolog. de Vienne.
HAYDEN, géologue du Gouvernement des Etats-Unis, à Washington.
HAYNALD (S. Em. Ludwig von), archevêque de Colocza.
HÉBERT, membre de l'Institut, à Paris,
HEER (Oswald), professeur à l'université de Zurich.
HELDREICH (von), directeur du jardin botanique d'Athènes.
HELMERSEN (G. von), directeur de l'école des mines de S^{t}-Pétersbourg.
HELMHOLTZ, membre de l'académie des sciences de Berlin.
HERBICH, conservateur du Musée de Klausenbourg.
HERDER (F. von), botaniste, à S^{t}-Pétersbourg.
HESSE, naturaliste, à Brest.
HESSLER, membre de l'académie des sciences de Vienne.
HÉTET, pharmacien de la Marine, à Brest.
HIERONIMUS, botaniste, à Cordova.
HIND, directeur du Nautical almanach, à Londres.
HINRICHS (Gust.), professeur de chimie, à Iowa-City.
HIRN, ingénieur au Logelbach, près Colmar.
HOCHSTETTER, présid. de la soc. géographique de Vienne.
HOELZL, botaniste, à Vienne.

HOFFMANN (Hermann), prof. à l'université de Giessen.
HOFMANN (A.-W.), professeur de chimie, à Berlin.
HOHENBUHEL-HEUFLER (L. von), botaniste à Hall (Tirol).
HOOKER (Dalton), directeur des jardins de Kew.
HORNSTEIN, directeur de l'observatoire de Prague.
HOUZEAU, directeur de l'observatoire de Bruxelles.
HUSNOT, botaniste, à Cahan (Orne).
HUXLEY, professeur de géologie, à Londres.
HYRTL, prof. d'anatomie, à Perchtoldsdorf, près Vienne.
JANCZEWSKI (Ed. de), prof. à l'université de Cracovie.
JANKA (V. von), conservateur du musée botanique, à Pesth.
JENSSEN-TUSCH (colonel), botaniste, à Copenhague.
JESSEN, botaniste, à Eldena.
JUST, professeur au Polytecnicum de Carlsruhe.
JAMIN, membre de l'Institut, à Paris.
JOLY (Emile), médecin-major de l'armée, à Marseille.
JOLY (N.), professeur à la faculté des sciences de Toulouse.
JORDAN (Alexis), botaniste, à Lyon.
JOURDAIN, prof. à la faculté des sciences de Montpellier.
JULIEN (Félix), ancien officier de marine, à Toulon.
KANITZ, professeur de botanique, à Klausenburg.
KARSTEN, professeur de météorologie, à Kiel.
KÉKULÉ, professeur de chimie, à Bonn.
KERNER, directeur du jardin botanique de Vienne.
KESSELMEYER (Ch.), ingénieur, à Manchester.
KESSLER, présid. de la soc. des natur. de S^{t}-Pétersbourg.
KICKX, professeur de botanique, à Gand.
KILLIAS, président de la soc. de sc. natur. de Chur.
KINDEREN (T.-H. der), président de la soc. des arts et sc. de Batavia.
KIRCHHOFF, prof. de physique à l'université de Heidelberg.
KIRCHBAUM, secrét. de la soc. des sciences de Wiesbaden.
KJELLMAN, botaniste, à Upsal.
KJERULF, prof. de minéralogie à l'université de Christiania.
KNY (Léopold), professeur de botanique, à Berlin.
KOBELL (Franz von), secrét. de l'acad. des sc. de Munich.
KOERBER, professeur de botan. à l'université de Breslau.
KOERNICKE, professeur à l'université de Bonn.

KOLLIKER, prof. d'anatomie à l'université de Wurzbourg.
KORISTKA, secrétaire de la soc. des sciences de Prague.
KRAUS, professeur de botanique à l'université de Halle.
KRAUS, prof. de zoologie à l'université de Stuttgart.
KRELAGE (J. H.), président de la soc. d'hortic. à Harlem.
KREMPELHUBER (von), botaniste, à Munich.
KUETZING, professeur de botanique, à Nordhausen.
KUHLMANN, correspondant de l'Institut, à Lille.
LACAZE-DUTHIERS, membre de l'Institut, à Paris.
LAMONT, directeur de l'observatoire de Munich.
LAMOTTE (Martial), prof. de botan., à Clermont-Ferrand.
LAMPRECHT, pharmacien, à Bamberg.
LANCIA, duc de BROLO, à Palerme.
LANDERER, pharmacien, à Athènes.
LANGE, directeur du jardin botanique de Copenhague.
LARREY (Hipp.), membre de l'Institut, à Paris.
LASSEL, astronome, à Liverpool.
LAVALLÉE, secrét. de la soc. d'horticulture de France.
LAVOCAT, directeur de l'école vétérinaire, à Toulouse.
LAWSON (George), professeur de botanique, à Halifax.
LEA (Isaac), professeur de zoologie, à Philadelphie.
LEBOUCHER, prof. de physique à la faculté de Caen.
LE CONTE, secrét. de la soc. des sc. nat. de Philadelphie.
LEFEBVRE de S^te^-MARIE, directeur de l'agr., à Paris.
LEFÈVRE (Th.), naturaliste à Bruxelles.
LE GOARANT de TROMELIN, géologue, à Rosulien, près Quimper.
LEHMANN, professeur de zoologie, à Copenhague.
LEIDY (Jos.), naturaliste, à Philadelphie.
LEIGHTON (Rev. W. Allport), botaniste, à Shrewsbury.
LENNIER, directeur du musée du Havre.
LEPAGE, chimiste, à Gisors.
LEUCKART, professeur à l'université de Giessen,
LIAGRE, secrétaire-perpétuel de l'académie de Bruxelles.
LIÈS-BODART, prof. de chimie à la faculté de Bordeaux.
LILLJEBORG, prof. de zoologie à l'université d'Upsal.
LINDBERG (S. O.), prof. à l'université de Helsingfors.
LINDEMANN (Ed. von.), botaniste, à Odessa.

LINDEN, botaniste et horticulteur, à Bruxelles.
LINDER, dir. des études à l'Ecole polytechnique, Paris.
LINDSAY (Lauder), botaniste, à Gilgal (Perth).
LINDSAY (lord), Observatoire de Dun Echt, Aberdeen.
LIOUVILLE, membre de l'Institut, à Paris.
LIOY (Paolo), professeur, à Vicence.
LISSAJOUX, professeur de physique, à Paris.
LORENTZ, professeur à l'université de Cordoba.
LORIÈRE (de), géologue, à Paris.
LORY, professeur de géologie à la faculté de Grenoble.
LUBBOCK (sir John), naturaliste, à Londres.
LUCA (de), professeur de chimie, à Naples.
LUCAS (Hipp.), membre de la soc. entomologique de Paris.
LUTKE (amiral), présid. de l'ac. des sc. de St-Pétersbourg.
LUTHER, directeur de l'observatoire de Bilk-Dusseldorf.
MACALISTER, professeur de zoologie, à Dublin.
MAGNUS (Paul), botaniste, à Berlin.
MAKOWSKI, professeur d'histoire naturelle, à Brunn.
MALBRANCHE, botaniste, à Rouen.
MALTE-BRUN, présid. de la soc. de géographie, à Paris.
MANTEGAZZA, professeur d'anthropologie, à Florence.
MARIGNAC, professeur de chimie, à Genève.
MARTIN, géologue, à Dijon.
MARTINS (Charles), prof. à la faculté de Montpellier.
MASTERS (Maxwell T.), botaniste, à Londres.
MATTHES, professeur de physique, à Amsterdam.
MAUMENÉ, chimiste, à Paris.
MAUNOIR, secrétaire de la société de géographie de Paris.
MAUS, ingénieur en chef des Ponts-et-chaussées, à Mons.
MAXIMOWICZ, membre de l'académie de St-Pétersbourg.
MENABREA, général du génie, à Rome.
MENEGHINI, professeur à l'université de Pise.
MENGE, secrét. de la soc. des naturalistes de Dantsick.
MERCKLIN, membre de l'académie de St-Pétersbourg.
MERKEL, professeur de zoologie, à Riga.
MERRIFIELD, secrét. de l'Instit. d'archit. nav. à Londres.
METSCHNIKOFF, présid. de la soc. des natur. d'Odessa.
MIERS (John), botaniste, à Londres.

MILLARDET, prof. à la faculté des sciences de Bordeaux.
MILNE-EDWARDS, membre de l'Institut, à Paris.
MILNE-EDWARDS (Alph.), prof. à l'éc. de pharm., à Paris.
MITTEN (William), botaniste, à Hurstpierpoint.
MOHN, directeur de l'observatoire de Christiania.
MOLESCHOTT, professeur de physiologie, à Turin.
MONTROUZIER, missionnaire à la Nouvelle-Calédonie.
MOORE (Charles), directeur du jardin botan. de Sydney.
MOORE (David), directeur du jardin botanique de Dublin
MORIDE, chimiste, à Nantes.
MORIÈRE, professeur à la faculté des sciences de Caen.
MORIN (général), direct. du conserv. des arts et métiers, à Paris.
MORREN (Edouard), professeur de botanique, à Liège.
MUELLER (Albert), direct. du jardin zoologique de Bâle.
MUELLER (Ferd. von), botaniste, à Melbourne.
MUELLER (Karl), botaniste, à Halle.
MUELLER (R.), directeur du bureau hydrogr. de Pola.
MULSANT, correspondant de l'Institut, à Lyon.
MYER (général Albert), à Washington.
NÆGELI, directeur du jardin botanique de Munich.
NAUDIN, membre de l'Institut, à Antibes.
NEGRI (Christ.), présid. de la soc. de géographie, à Rome.
NETTO (Ladislaü), direct. du musée nat. de Rio-Janeiro.
NIESSL, botaniste, à Brunn.
NORDSTEDT, botaniste, à Lund.
NORGUET (A. de), archiviste de la soc. des sc. de Lille.
NOWAKOWSKI, botaniste, à Varsovie.
NYLANDER (W.), botaniste, à Paris.
NYMAN, botaniste, à Stockholm.
OLIVER (Daniel), conservateur des herbiers de Kew.
ORPHANIDES, directeur du jardin botanique d'Athènes.
OUDEMANS (C. A. J. A.), prof. de botan., à Amsterdam.
OWEN (Richard), directeur du British museum, Londres.
PACKARD, secrétaire de l'académie des sciences de Salem.
PAGENSTECHER, professeur d'anatomie, à Heidelberg.
PALAGI, professeur, à Bologne.
PALMIERI, directeur de l'observatoire du Vésuve.

PANTCHIC, professeur d'histoire naturelle, à Belgrade.
PARIS (amiral), membre de l'Institut, à Paris.
PASQUALE, professeur de botanique, à Naples.
PASSERINI, professeur d'histoire naturelle, à Parme.
PASTEUR, membre de l'Institut, à Paris.
PEDICINO, professeur de botanique à l'Université de Rome.
PELIGOT, membre de l'Institut, à Paris.
PEREIRA da COSTA, naturaliste, à Lisbonne.
PETERS, directeur de l'observatoir de Kiel.
PETREQUIN, médecin, à Lyon.
PEYRITSCH, professeur de botanique, à Innsbruck.
PFITZER, prof. de botanique à l'université de Heidelberg.
PHILLIPS, membre de l'Institut, à Paris.
PIERRE (Isidore), prof. de chimie à la faculté de Caen.
PIRÉ, professeur de botanique, à Bruxelles.
PLANCHON, (Gustave), prof. à l'école de pharm. de Paris.
PLANCHON (J.-E.), professeur à la faculté de Montpellier.
PLANTAMOUR, directeur de l'observatoire de Genève.
PLATEAU (Félix), entomologiste, à Gand.
PLATEAU (J.), professeur de physique, à Gand.
POEY, directeur de l'observatoire de La Havane.
POGSON, directeur de l'observatoire d'Oxford.
POIRÉE, inspecteur général des Ponts-et-Chaussées.
PONZI, prof. de géologie, à Rome.
PRADOS (baron de), naturaliste, à Rio-Janeiro.
PRENDEL, secrétaire de la soc. des naturalistes d'Odessa.
PRESTEL, météorologiste, à Emdem.
PREUDHOMME de BORRE, secr. de la soc. entomologique, à Bruxelles.
PRILLIEUX, botaniste, à Paris.
PRINGSHEIM, professeur de botanique, à Berlin.
PUISEUX, professeur à la faculté des sciences de Paris.
PUJAZON (don Cecilio), direct. de l'observatoire de San-Fernando.
PUTNAM, directeur du musée de Salem.
QUATREFAGES (de), membre de l'Institut, à Paris.
RABENHORST, botaniste, à Dresde.
RADLKOFER, professeur de botanique, à Munich.

RAGONA, directeur de l'observatoire de Modène.
RAULIN, professeur à la faculté des sciences de Bordeaux.
REED, ingénieur, membre du parlement, à Hull.
REESS, professeur de botanique, à Erlangen.
REGEL, directeur du jardin botanique de S^{t}-Pétersbourg.
REICHARDT, botaniste, à Vienne.
REINVILLER, médecin, à Paris.
RÉMY (Jules), naturaliste, à Louvercy.
RENARD, v.-président de la soc. des natural. de Moscou.
RENOU, secrét. de la soc. météorologique de France.
REUTER, professeur de chimie, à Luxembourg.
REY, entomologiste, à Villié (Rhône).
RICCARDI, secrét. de la soc. des sc. natur. de Modène.
RICHAVI, botaniste, à Odessa.
RICHTHOFEN (von), présid. de la soc. géogr. de Berlin.
RIED, professeur à l'université de Iéna.
RINDFLEISCH, professeur à l'université de Wurzbourg.
ROBIN (Charles), membre de l'Institut, à Paris.
ROEPER, professeur de botanique, à Rostock.
ROSTAFINSKY, botaniste, à Cracovie.
ROUMEGUÈRE, naturaliste, à Toulouse.
ROUSSEAU (Henri), prof. à Joinville-le-Pont.
ROUX, chirurgien en chef de la marine, à Toulon.
ROZE, botaniste, à Paris.
RUBIERI, secrét. de l'acad. des géorgophiles, à Florence.
RUSSOW, directeur de la soc. des naturalistes de Dorpat.
SABINE (général), président de la soc. royale de Londres.
SACHS (Julius), professeur de botanique, à Heidelberg.
SAINT-VENANT (Barré de), membre de l'Institut, à Paris.
SAINTE-CLAIRE-DEVILLE (H.), memb. de l'Inst., à Paris.
SALIMBENI (comte Leon), secrét. de l'acad. de Modène.
SAPORTA (comte de), correspondant de l'Institut, à Aix.
SARS (G.-O.), professeur de zoologie, à Christiania.
SAUSSURE (Henri de), professeur, à Genève.
SAVITCH, professeur d'astronomie, à S^{t}-Pétersbourg.
SCACCHI, professeur de minéralogie, à Milan.
SCHENK, directeur du jardin botanique de Leipsick.
SCHIAPARELLI, directeur de l'observatoire de Milan.

SCHIMPER (W. Ph.), corresp. de l'Institut, à Strasbourg.
SCHLEIDEN, professeur de botanique, à Francfort.
SCHLOSSER, médecin en chef, à Agram.
SCHMELTZ, secrét. de la soc. d'hist. natur. de Hambourg.
SCHMID, professeur de minéralogie, à Iéna.
SCHOMBURGK, directeur du jardin botanique d'Adelaïde.
SCHRENK (L. von), membre de l'acad. de S^{t}-Pétersbourg.
SCHUEBELER, directeur du jardin botan. Christiania.
SCHUTZENBERGER, chimiste, à Paris.
SCHWARZ-SENBORN (baron de), ambass. d'Autriche.
SCHWENDENER, prof. de botanique à l'univ. de Berlin.
SCIUTTO-PATTI, secrétaire de l'académie de Catane.
SELLA (Quintino), président de l'acad. des Lincei, à Rome.
SELYS-LONGCHAMPS (de), naturaliste, à Liège.
SEMENOW, présid. de la soc. geograph. de S^{t}-Petersbourg.
SENONER, géologue, à Vienne.
SERVAUX, direct. hon. au Min. de l'Instr. publ., à Paris.
SEYNES (Jules de), profess. à l'école de médecine de Paris.
SIEBOLD (C. Th. von), professeur de zoologie, à Munich.
SILLIMAN, naturaliste, à Newhaven.
SIRODOT, doyen de la faculté des sciences de Rennes.
SKOFITZ, botaniste, à Vienne.
SOECHTING, secrét. de la soc. de géologie de Berlin.
SOLMS-LAUBACH (C^{te} de), prof. de botan., à Strasbourg.
SONDER, botaniste, à Hambourg.
SOUBEYRAN (Léon), prof. à l'école de pharmacie de Paris.
SPACH, aide-naturaliste au Museum de Paris.
STAS, membre de l'académie des sciences de Belgique.
STEENSTRUP, professeur de zoologie, à Copenhague.
STEUDENER, professeur à l'université de Halle.
STIZENBERGER, botaniste, à Constance.
STONE, direct. de l'observat. du Cap de Bonne-Espérance.
STRUVE (Otto), directeur de l'observatoire de Pulkowa.
STUR (Dionys), naturaliste, à Vienne.
SULLIVAN, secrétaire de l'académie de Dublin.
SURINGAR, directeur du musée botanique de Leyde.
SZONTAGH (N. de), botaniste, à Pesth.
TARGIONI-TOZETTI, professeur de zoologie, à Florence.

TASSI, directeur du jardin botanique de Sienne.
TCHÉBYCHEFF, membre de l'académie de St-Pétersbourg.
TCHIHATCHEFF (prince de), naturaliste, à Paris.
TEMPEL, astronome, à Florence.
TENORE (Vicenzo), professeur de botanique, à Naples.
TERRACCIANO, directeur du jardin botanique de Caserte.
TESSAN (de), membre de l'Institut, à Paris.
THAN (Charles), président de la soc des sc. nat. de Pesth.
THEDENIUS, botaniste, à Stockholm.
THÉEL, naturaliste, à Upsal.
THÉNARD (baron Paul), membre de l'Institut, à Paris.
THENARD (Arnould), chimiste, à Paris.
THOMSON, professeur de physique, à Glasgow.
THOREL, médecin de la Marine, à Paris.
THWAITES, directeur du jardin botanique de Ceylan.
TILANUS, professeur de chirurgie, à Amsterdam.
TIMBAL-LAGRAVE, pharmacien, à Toulouse.
TODARO, directeur du jardin botanique de Palerme.
TOMMASINI (M. de), botaniste, à Trieste.
TRAUTVETTER, membre de l'académie de St-Petersbourg.
TRÉCUL, membre de l'Institut, à Paris.
TRESCA, membre de l'Institut, à Paris.
TREVISAN (comte de), botaniste, à Marostica (Vicenza).
TRIANA, botaniste, à Paris.
TSCHERMAK, direct. du musée minéralogique de Vienne.
TULASNE (L. R.)., membre de l'Institut, à Paris.
TYNDALL, professeur à l'institution royale de Londres.
UECHTRITZ (von), botaniste, à Breslau.
UNGERN STERNBERG (baron de), à Dorpat.
VALERIUS, professeur de physique, à Gand.
VALLÈS, ingénieur des Ponts-et-chaussées, à Paris.
VAN BENEDEN, professeur de zoologie, à Louvain.
VAN EEDEN, secrét. de la soc. industrielle de Harlem.
VAN HEURCK, professeur de botanique, à Anvers.
VAN MEEUWEN, prés. de la soc. des sc. de Bois-le-Duc.
VAN NOOTEN, secrét. de la soc. des arts et sc. d'Utrecht.
VAN TIEGHEM, membre de l'Institut, à Paris.
VEITCH (H. J.), botaniste et horticulteur, à Londres.

VIEILLARD, directeur du jardin des plantes de Caen.
VILLAR y MACIAS, professeur de chimie, à Salamanque.
VILLE (Georges), professeur au Jardin des plantes, à Paris.
VIMERCATI, ingénieur, à Florence.
VINCENT, géologue, à Bruxelles.
WALHBERG, secrét. de l'académie des sc. de Stockholm.
WARREN DE LA RUE, membre de la Soc. Royale de Londres.
WARTMAN, professeur de physique, à Genève.
WATSON (H. C.), botaniste, à Londres.
WATERHOUSE, secrét. de la soc. asiatique, à Calcutta.
WEBER, secrét. de la soc. des sciences de Leipsick.
WEISS (Adolf), professeur à l'université de Prague.
WELCKER (Hermann), professeur à l'université de Halle.
WENDLAND, direct. des jardins de Herrenshausen.
WESTERMAN, direct. de la soc. zoolog. d'Amsterdam.
WESTWOOD, professeur de zoologie, à Oxford.
WEYEMBERGH, professeur de zoologie, à Cordoba.
WILD, direct. de l'observat. physique, à S^{t}-Pétersbourg.
WILLKOMM, professeur de botanique, à Prague.
WILLM, chimiste, à Paris.
WINCKEL, professeur de gynæcologie, à Dresde.
WITTMACK, secrét. de la soc. d'horticulture de Berlin.
WITTROCK, professeur de botanique, à Stockholm.
WOEHLER, professeur de chimie à l'univ. de Gœttingue.
WOLF (Rudolf), directeur de l'observatoire de Zurich.
WOOLLEY, membre de la soc. royale, à Londres.
WORONINE, professeur de botanique, à S^{t}-Pétersbourg.
WRIGHT (E. Perceval), prof. de botanique, à Dublin.
WURST, membre de l'Institut, à Paris.
ZEPHAROVICH, secrét. de la soc. d'hist. nat. de Prague.
ZETTERSTEDT, professeur à l'université de Jönköpping.
ZININE, membre de l'académie de S^{t}-Pétersbourg.

TABLE

Notions nouvelles d'hydraulique, concernant principalement les tuyaux de conduite, les canaux et les rivières, accompagnées d'une théorie de l'évaluation du travail intermoléculaire des systèmes matériels, par Mr. P. Boileau, de l'Institut, (avec une planche)..... 5

Monstruosité de la Chicorée (*Cichorium Intybus L.*), par Mr. A. Béketoff. (avec 2 planches)..... 183

Description du météorite de Vavilovka, par Mr. R. Prendel..... 203

Note sur le *Janczewskia*, nouvelle Floridée parasite du *Chondria obtusa*, par Mr. le comte H. de Solms-Laubach. (avec une planche)..... 209

Troisièmes mélanges de tératologie végétale, par Mr. D. A. Godron, de l'Institut..... 225

Note sur les Mousses du Paraguay récoltées par M. Balansa de 1874 à 1877, par Mr. Em. Bescherelle. 257

Essai sur les conditions rationnelles des amorces électriques en général et en particulier dans les applications sous-marines, par Mr. Gustave Cabanellas..... 273

Notes sur la distribution géographique des Oiseaux dans quelques Archipels de l'Océanie, par Mr. Henri Jouan..... 293

Quelques mots sur la faune ichthyologique de la côte nord-est d'Australie et du détroit de Torres, comparée à celle de la Nouvelle-Calédonie, par Mr. Henri Jouan. 328

Note relative aux objets découverts dans les fouilles de la batterie neuve de Nacqueville, en septembre 1878, par Mr. A. Delambre..... 337

Ouvrages reçus par la Société, de Juin 1877 à Décembre 1878..... 341

Liste des Membres de la Société..... 395

Table..... 413